

Primjena BIM pristupa - projekt osiguranja građevne jame TC Plodine, Lovran

Blagdan, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:157:565774>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Ivana Blagdan

**Primjena BIM pristupa – projekt osiguranja građevne jame TC
Plodine, Lovran**

Diplomski rad

Rijeka, 2019

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo

Smjer: Geotehnika

Geotehnika prometnih građevina

Ivana Blagdan

JMBAG: 0114024449

Primjena BIM pristupa - projekt osiguranja građevne jame TC

Plodine, Lovran

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2019.

IZJAVA

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Ivana Blagdan

U Rijeci, 16. rujna 2019.

ZAHVALA

Veliku zahvalnost dugujem svom komentoru prof. dr. sc. Mirku Grošiću na iskazanom povjerenju, vodstvu, razumijevanju i korisnim diskusijama tokom obrazovanja i izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem Ivanu Volfu, na pomoći oko rada i korisnim sugestijama tijekom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem svim profesorima i asistentima sa Katedre za Geotehniku na svom stečenom znanju, trudu i ugodnom boravku tokom studija.

Zahvaljujem se mojim dragim prijateljima na moralnoj podršci tokom studija i u tijeku izrade diplomskog rada, koji su cijeli ovaj put napravili puno lakšim i zabavnijim.

Posebnu zahvalnost pripisujem svojoj obitelji - ocu Miljenku, majci Miri, sestri Ani i bratu Tomislavu na bezuvjetnoj ljubavi, sigurnoj luci, podršci i razumijevanju tokom cijelog obrazovanja.

Ivana Blagdan

SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je BIM pristup u graditeljstvu i njegova primjena na geotehniku. BIM je teoretski obrađen kroz poglavlja ovog rada te praktično uz pomoć Allplan 2018 BIM softvera kroz projekt osiguranja građevne jame u gradu Lovranu. Osiguranje građevne jame se izvodi za potrebe izgradnje poslovne zgrade – supermarketa Plodine s ugostiteljskim, uredskim i trgovačkim sadržajima. Kroz teorijski dio rada obrađene su sljedeće stavke: povijest BIM pristupa, usporedba BIM softvera sa softverima baziranim na 2D crtanju, organizacija i prednosti BIM – a te specifičnosti u projektiranju. U praktičnom dijelu prikazan je trodimenzionalni model terena, troškovnik radova te grafički prilozi kao krajnji rezultat Allplan 2018 BIM softvera.

Ključne riječi: BIM, BIM pristup, graditeljstvo, Allplan, građevna jama, projektiranje

ABSTRACT

The topic of this graduate thesis is the BIM approach in engineering and its application in geotechnics. BIM has been theoretically processed through the chapters of this paper and practically through Allplan BIM software through the project of securing the building pit in Lovran. The project is executed for insurance purposes for the construction of business building - „Plodine“ supermarket, with catering, office and commercial facilities. In theoretical part of the paper, these following items have been processed: the history of the BIM approach, comparison of BIM software with software based on 2D drawing, organization and advantages of BIM organization and design specifics. The practical part contains 3D terrain model, the cost of works and graphic attachments as the end result of Allplan 2018 BIM software.

Keywords: BIM, BIM approach, construction, Allplan, construction pit, design

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	ŠTO JE BIM?	4
3.	BIM pristup	7
3.1.	Povijest razvoja BIM – a	7
3.2.	Modeli zrelosti BIM-a	9
3.2.1.	Bew – Richardsov model zrelosti BIM-a	10
3.2.2.	Suucarove faze modela zrelosti BIM-a	12
3.2.3.	Integrirana rješenja za dizajna i konačnu isporuku	13
3.3.	Procjena okvira zrelosti BIM-a.....	15
3.3.1.	Procesi suradnje.....	15
3.3.2.	Poboljšane vještine	16
3.3.3.	Integrirani informacijski i automatizirani sustavi.....	17
3.3.4.	Upravljanje znanjem.....	17
3.4.	CAD I BIM komponente	18
3.5.	Zakonodavni okvir i BIM	27
3.5.1.	BIM i javna nabava projekata.....	28
4.	PROJEKTIRANJE U BIM-U.....	30
4.1.	Sudionici BIM projekta	30
4.1.1.	BIM menadžer	31
4.1.2.	BIM koordinator	31
4.1.3.	BIM inženjer.....	32
4.1.4.	BIM tehničar.....	32
4.1.5.	BIM konzultant.....	32
4.2.	Razine razvijenosti elemenata iz BIM modela	33
4.2.1.	Aspekti LOD – a.....	34
4.2.2.	Oznake razine razvijenosti (LOD – a).....	35
4.3.	Organizacija BIM projekta	35
4.3.1.	Struktura datoteka.....	36
4.3.2.	Sigurnost podataka i konvencija imenovanja	37
4.3.3.	Sigurnosne kopije	38
4.3.4.	Platforma za suradnju	39
4.4.	Smjernice za modeliranje.....	40
4.5.	Koordinacija BIM modela	42

4.5.1.	Vrste kolizija	43
4.6.	Razmjena informacija	45
5.	PRIMJER PROJEKTA U BIM-u	48
5.1.	Općenito o projektu	48
5.2.	Opis lokacije zahvata	49
5.3.	Opis zgrade poslovne namjene – supermarketa plodine	50
5.4.	Geološke i geotehničke značajke lokacije	51
5.4.1.	Pregled provedenih geotehničkih istraživanja i ispitivanja	52
5.4.2.	Geološke značajke područja	58
5.4.3.	Geomorfološke značajke lokacije zahvata	60
5.4.4.	Hidrogeološke značajke lokacije zahvata	61
5.4.5.	Inženjerskogeološke značajke lokacije zahvata	62
5.4.6.	Geotehničke značajke zahvata lokacije	67
5.5.	Seizmičnost lokacije zahvata	71
5.6.	Tehnički opis osiguranja građevne jame	75
5.6.1.	Opis zahvata	75
5.6.2.	Pripremni radovi	79
5.6.3.	Lociranje postojećih instalacija	79
5.6.4.	Armiranobetonska naglavna greda	79
5.6.5.	Zaštitna žičana ograda građevne jame	82
5.6.6.	Iskop građevne jame u kampadama	83
5.6.7.	Čišćenje lica građevne jame	84
5.6.8.	Geodetsko iskolčenje	84
5.6.9.	Štapna sidra	84
5.6.10.	Samobušiva sidra	86
5.6.11.	Mlazni beton	88
5.6.12.	Armiranobetonski jastuci	90
5.6.13.	Armiranobetonski potporni zid	90
5.6.14.	Procjednice	91
5.6.15.	Inženjerskogeološko kartiranje	91
6.	IZRADA BIM MODELA	92
6.1.	Tijek izrade BIM modela u Allplanu 2018	92
6.2.	Prikaz modela građevne jame	105
7.	TROŠKOVNIK RADOVA	113
7.1.	Određivanje količina za troškovnik	113

7.2.	Troškovnik radova po stavkama	117
8.	ZAKLJUČAK.....	123
9.	LITERATURA	126
10.	GRAFIČKI PRILOZI	129

POPIS SLIKA

Slika 1. Lokacija zahvata [31].....	2
Slika 2. Ortofoto sa prikazom objekta [31]	3
Slika 3. Bew – Richardsov model zrelosti [22].....	10
Slika 4. BIM faze zrelosti [27]	12
Slika 5. Koraci između BIM faza [27]	13
Slika 6. CAD i BIM komponente [2]	18
Slika 7. Usporedba CAD-a i BIM-a [2]	20
Slika 8. Studija osvetljenja [2]	21
Slika 9. BIM u geotehnici (izrada u Allplanu 2017) [35]	22
Slika 10. BIM u visokogradnji (izrada u Arhcadu i Lumionu, autor: AD Gallery d.o.o.)	22
Slika 11. 3D model željezničkog tunela, Stuttgart (prikaz 1) [39]	23
Slika 12. 3D model željezničkog tunela, Stuttgartu (prikaz 2) [39]	23
Slika 13. 3D model viadukta, Sao Paulo, Brazil [39].....	24
Slika 14. Viadukt Sao Paulo, Brazil [39]	24
Slika 15. 3D model i izvedba mosta na državnoj cesti B299, Sengenthal [39].....	25
Slika 16. 3D model mosta na državnoj cesti, Sengenthal [39].....	25
Slika 17. Izvedba mosta na državnoj cesti, Sengenthal [39]	26
Slika 18. 3D model Crusell mosta, Helsinki [40].....	26
Slika 19. Crusell most, Helsinki [39]	27
Slika 20. Preraspodjela uloga prilikom BIM pristupa [9]	30
Slika 21. LOD razine prikazane na primjeru AB grede [9].....	35

Slika 22. Fizička kolizija [36]	43
Slika 23. Kolizija s tolerancijom [36]	44
Slika 24. IFC format datoteke [37].....	46
Slika 26. Prikaz katastarske čestice k.č. 518 k.o. Oprić [30]	48
Slika 28. Prikaz dijela grada Lovrana sa predmetnom lokacijom [31]	50
Slika 29. Građevina poslovne namjene - supermarket plodine sa pripadajućom građevnom jamom u pozadini [33]	51
Slika 30. Situacija s pozicijama istraživačkih radova	53
Slika 31. Geotehnički presjek 1-1	54
Slika 32. Geotehnički presjek 2-2	54
Slika 33. Geotehnički presjek 3-3	55
Slika 34. Geotehnički presjek 4-4	55
Slika 35. Geotehnički profil bušotine B-1.....	56
Slika 36. Fotodokumentacije bušotine B-1	56
Slika 37. Geotehnički profil bušotine B-2.....	57
Slika 38. Fotodokumentacija bušotine B-2	57
Slika 39. Osnovna geološka karta – list Labin [20]	58
Slika 40. Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase srednje do jake trošnosti [24]	70
Slika 41. Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase slabe trošnosti [24]	71
Slika 42. Iznos horizontalnih vršnih ubrzanja tla za povratna razdoblja $T = 475$ i 95 godina [13] .	72
Slika 43. Iznos horizontalnog vršnog ubrzanja tla za povratno razdoblje $T = 475$ godina na širem području lokacije zahvata [13]	72
Slika 44. Grafički prikaz segmenata građevne jame	75

Slika 45. Pregledna situacija građevne jame	76
Slika 46. Štapno sidro [18]	85
Slika 47. Samobušivo sidro [18]	87
Slika 48. Redoslijed izvedbe radova [24].....	88
Slika 49. Model terena u Žičanoj animaciji	92
Slika 50. Model terena u animaciji.....	93
Slika 51. Model terena u RTRender animaciji	93
Slika 52. Naredba „izvuci“ (eng. Extrude).....	94
Slika 53. Pomoćne linije modela.....	95
Slika 54. Postupak modeliranja štapnih sidara i procjednica	96
Slika 55. Štapno sidro i procjednica.....	96
Slika 56. Geometrija naglavne grede	97
Slika 57. 3D prikaz naglavne grede	97
Slika 58. Naredba za postavljanje zaštitne ograde	98
Slika 59. Struktura građevine	99
Slika 60. Dio građevne jame sa presjecima.....	99
Slika 61. Presjek 7-7	100
Slika 62. Presjek naglavne grede.....	101
Slika 63. 3D armatura naglavne grede	101
Slika 64. 3D armatura grede (animacija)	Slika 65. 3D armatura grede (RTRender) ...
102	102
Slika 66. Postupak armiranja (spone).....	103
Slika 67. Postupak armiranja (armaturne mreže)	103
Slika 68. Kreiranje kazala armature	104

Slika 69. Primjer kazala armature	104
Slika 70. 3D model osiguranja građevne jame (RTRender)	105
Slika 71. 3D model osiguranja građevne jame (Animacija)	106
Slika 72. Naglavne grede i potporni zid – prikaz RTRenderom	106
Slika 73. Naglavne grede i potporni zid – prikaz Animacijom	107
Slika 74. Jugozapadni dio građevne jame	107
Slika 75. Južni, jugozapadni i sjeverozapadni dio građevne jame	108
Slika 76. Sjeverozapadni dio građevne jame.....	108
Slika 77. Sjeverozapadni i sjeveroistočni dio građevne jame	109
Slika 78. Sjeveroistočni dio građevne jame	109
Slika 79. Dio sjeverozapadnog lica.....	110
Slika 80. Mjesto sudara jugozapadnog i sjeverozapadnog dijela (T03).....	110
Slika 81. Osiguranje jugozapadnog lica.....	111
Slika 82. Osiguranje sjeverozapadnog i dijela sjeveroistočnog lica.....	111
Slika 83. Osiguranje sjeverozapadnog lica (pogled odoiza)	112
Slika 84. Osiguranje sjeveroistočnog i dijela sjeverozapadnog lica.....	112
Slika 85. Iskaz količine štapnih sidara duljine 3 metra	113
Slika 86. Iskaz količine procjednica.....	113
Slika 87. Iskaz za potporni zid	114
Slika 88. Iskaz količine armature za potporni zid	114
Slika 89. Iskaz količine armature za potporni zid	115
Slika 90. Iskaz količine armature za potporni zid	116
Slika 91. Iskaz količine armature za temelj potpornog zida.....	116

POPIS TABLICA

Tablica 1. BIM kroz povijest [14]	7
Tablica 2. BIM kroz povijest [14]	9
Tablica 3. Razine Bew – Richardsovog modela zrelosti [12]	11
Tablica 4. Struktura imenovanja datoteka [9]	38
Tablica 5. Litostratigrafske jedinice prisutne na lokaciji zahvata [24]	63
Tablica 6. Određivanje vrijednosti GSI za vapnenačku breču na predmetnoj lokaciji [17]	65
Tablica 7. Pregled geotehničkih jedinica [24]	67
Tablica 8. Rezultati ispitivanja dinamičkim prodiranjem GJ – 2 [24]	68
Tablica 9. Tipovi temeljnog tla [7]	73
Tablica 10. Troškovnik radova [24]	117

1. UVOD

BIM pristup (eng. Building Informatiko Modelling) je u svijetu suvremeni trend aktualan u posljednjem desetljeću. Dok je na globalnoj razini BIM postao standard rada, u Hrvatskoj je tek na samim počecima. S obzirom na prednosti, ulaganje u implementaciju BIM tehnologije je smjer koje inženjerstvo u Hrvatskoj treba početi što više uvoditi u praksu.

BIM predstavlja novi proces i metodologiju gdje projektni tim (tim arhitekata, inženjera i izvođača) surađuju na projektiranju i izvođenju građevine prilikom čega se koriste istom bazom podataka i istim računalnim modelom. Ovakav pristup omogućuje projektnom timu da vizualizira i analizira odluke pri projektiranju građevine prije nego se projekt razvije. BIM nudi digitalni prikaz građevine sa svim pripadajućim elementima, uključujući HVAC¹, elektrotehniku, zidove, prozore, krov, grede, armaturu, prikazanim u 3D pregledu. Uključuje suradnju više disciplina kroz projektiranje i izgradnju gdje radni proces i tehnologija stvaraju jedan komunikacijski kanal u cilju što uspješnijeg završetka projekta.

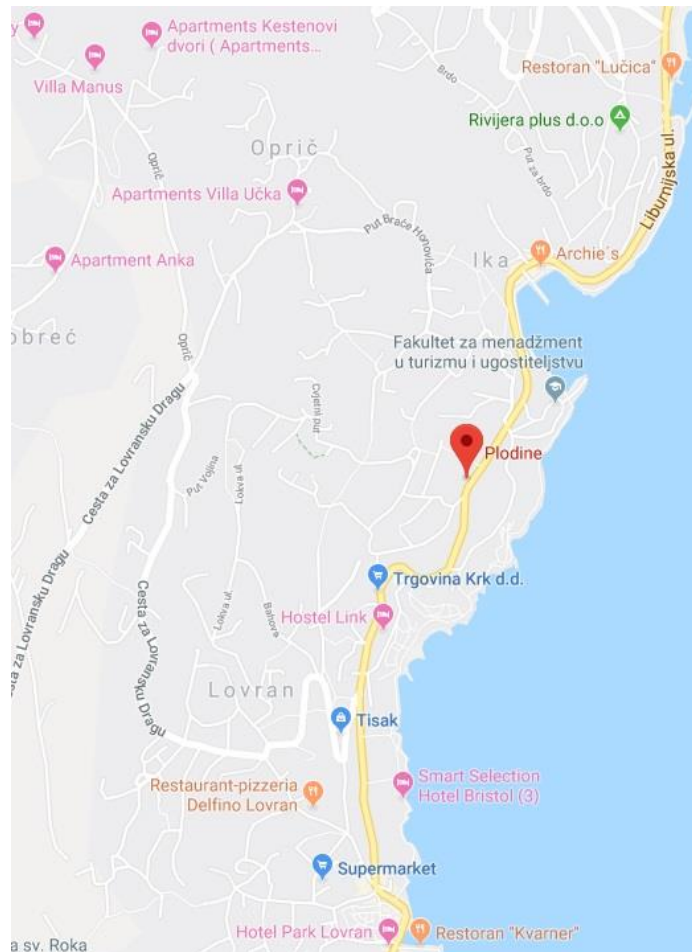
Cilj rada je upoznati se sa BIM pristupom kojeg je moguće primijeniti u fazama projektiranja, izvođenja i upravljanja projektima te kroz praktični dio obraditi sve prednosti koje pruža. Pozitivni aspekti odnose se na bržu i kvalitetniju izradu projekta, povećanje točnosti, povećanje produktivnosti što u konačnici dovodi do smanjenja stresa prilikom izrade projekta, povećanja konkurentnosti na tržištu i financijske uštede.

Predmet istraživanja ovog diplomskog rada obrađen je kroz dva dijela. Prvi dio odnosi se na teoretsku razradu koja kreće od samog početka BIM pristupa i njegove povijesti, gdje se pojam 3D modeliranja prvi put počinje koristiti 1960.-ih. Karakteristike pristupa obrađene su kroz prednosti i mane te usporedbe s 2D načinom modeliranja. Nadalje, objašnjena je uloga sudionika projekta, organizacije rada i strukture. Ova poglavlja pružaju detaljniji uvid u teorijsku osnovu BIM pristupa i Allplan 2018 programa potrebnog za bolje razumijevanje drugog dijela diplomskog rada koji se odnosi na praktičnu primjenu BIM pristupa.

¹ HVAC – eng. Heating, Ventilation and Air conditioning

Praktična primjena BIM pristupa dana je kroz projekt osiguranja građevne jame u gradu Lovranu za potrebe izgradnje zgrade poslovne namjene - supermarketa „Plodine“ s ugostiteljskim, uredskim i trgovačkim sadržajima.

Za izradu modela korišten je program BIM tehnologije – Allplan 2018. Lokacija zahvata je smještena na sjevernom dijelu grada Lovrana na k.č. 518 k.o. Oprić te je prikazana na slikama 1 i 2.



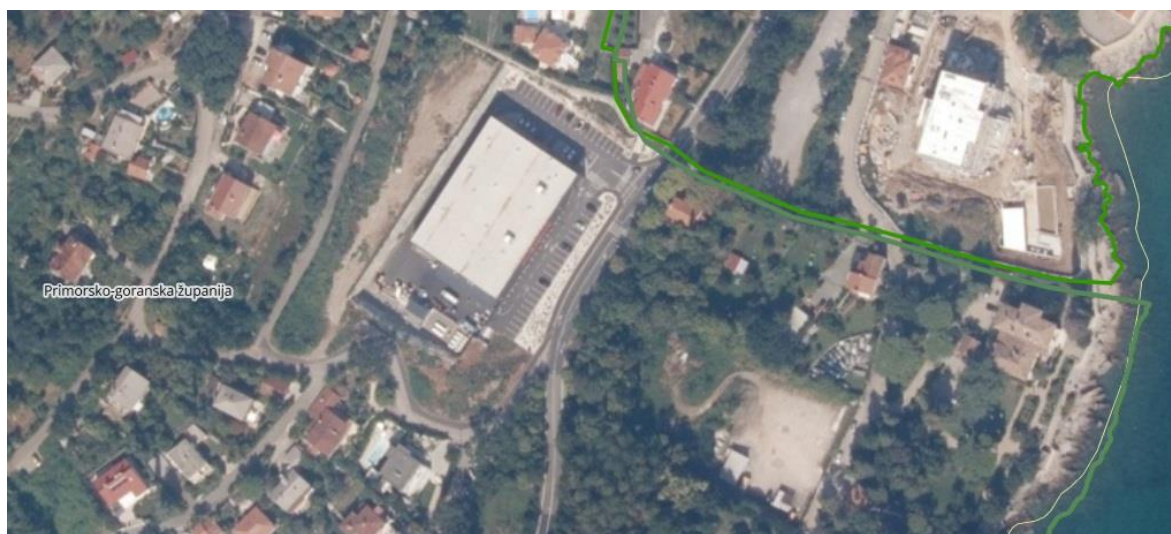
Slika 1. Lokacija zahvata [31]

Temeljem provedenih istraživačkih radova i korelacijom s postojećim podacima iz već provedenih istraživačkih radova dobivene su inženjerskogeološke značajke područja, a iz dobivenih podataka određen je geotehnički model tla.

Na temelju geotehničkog modela tla određen je položaj građevne jame sa svim potrebnim osiguranjima. Građevna jama je podijeljena na 4 dijela – južni, jugozapadni, sjeverozapadni i sjeveroistočni dio.

Stabilnost jame osigurana je izvedbom iskopa u pogodnoj stabilnoj geometriji koja je popraćena sustavima zaštite i osiguranja. Osiguranje se sastoji od nanošenja mlaznog betona u dva sloja ojačanog armaturnim mrežama, izvođenja procjednica za izbjegavanje hidrostatskog pritiska, izvedbe armiranobetonskih jastuka te ugradnjom štapnih i samobušivih sidra. Po vrhu jame izvedene su naglavne grede, ukupno tri tipa te armiranobetonski potporni zid.

Kroz Allplan 2018 sva potrebna osiguranja su modelirana u 3D prikazu te su kroz grafičke priloge prikazana sva rješenja osiguranja građevne jame. U modelu je izrađena 3D armatura za sva tri tipa naglavnih greda i za armiranobetonski potporni zid.



Slika 2. Ortofoto sa prikazom objekta [31]

2. ŠTO JE BIM?

Kratice BIM predstavlja preradu dostupnih informacija postojećeg ili budućeg okoliša u integrirani digitalni model. Iz kratice BIM se može izvući tri značenja: *Building Information Model*, *Building Information Modeling* i *Building Information Management*. Značenja kratice dovodi do objašnjenja samog pojma BIM-a, a on se može odnositi na modeliranje informacijskim modelom građevine (eng. *Building Information Model*) što je u korelaciji s modeliranjem informacija o građevinama (eng. *Building Information Modeling*) i s upravljanjem informacijama građevine (eng. *Building Information Management*).

BIM pristup se grana na dva smjera (pristupa):

1. BIM tehnologija predstavlja fizikalne i funkcijske karakteristike građevine predstavljene kroz digitalnu prezentaciju. Tehnologija kao takva omogućuje surađivanje različitih interesnih skupina na način da oni koordiniraju i kombiniraju rad te ga spajaju u isti BIM model. BIM model definiran je kao trodimenzionalni (3D) model unutar kojeg su integrirane informacije. Svi dijelovi koji sačinjavaju samu građevinu, odnosno objekt u BIM – u smatraju se BIM elementima te su svi oni međusobno povezani. Svakom od tih elemenata dodijeljena su određena svojstva i geometrija te je time svaki element jedinstven. Takav pristup omogućuje bolju organizaciju virtualnog modela te pohranu informacija o svakom elementu zasebno.
2. BIM metodologija predstavlja suradnju različitih sudionika gradnje, spaja tu suradnju u konačni proizvod (BIM model) kroz sve faze u životnom vijeku građevine. Radi se o procesu u kojem različiti sudionici razmjenjuju informacije, surađuju, rade zajedno te time poboljšavaju učinkovitost samog procesa gradnje na način da se gradnja ubrzava te dolazi do manje pogrešaka zbog bolje sistematizacije i organizacije prikupljenih informacija, a isto tako rezultat su učinkovitije građevine (manje otpada kao nusproizvod). Dakle cilj BIM pristupa nije u samo u trodimenzionalnom modeliranju, već se pristup proširuje i diže za stepenicu više radeći na boljoj projektnoj suradnji, odnosno boljem upravljanju, organizaciji i dijeljenju informacija. [9]

BIM pristup se koristi pri planiranju, projektiranju, građenju, upravljanju te održavanju građevine tokom cijelog njenog životnog vijeka te pri tome otvara niz mogućnosti [9]:

- Rano uočavanje mogućih pogrešaka na projektu
- Podrška prilikom donošenja odluka u projektnim procesima
- Detaljne analize
- Brže i lakše upravljanje promjenama
- Sistematizacija projektnih ciljeva
- Jednostavnija i kvalitetnija vizualizacija projektnih ciljeva
- Kvalitetnije projektiranje i koordinacija projekta
- Povećanje kvalitete konačnog proizvoda i građevinskih procesa koji dovode do konačnog proizvoda
- Povećanje učinkovitosti u fazi građenja
- Povećanje sigurnosti u samom procesu građenja, ali i u ostalim životnim fazama građevine
- Točnija analiza troškova projekta i životnog vijeka građevine

Temeljne značajke BIM pristupa su BIM projekt i BIM element:

1. BIM projekt – svaki građevinski projekt rađen prema BIM pristupu gdje se točne i pravodobne informacije vezane za projekt protežu kroz sve faze projekta i među svim suradnicima na projektu. Cilj takvog projekta je postići karakteristike kao što su jasnost, točnost, usmjerenost i kontinuiranost, a to se postiže dodjeljivanjem novih projektnih uloga (BIM inženjeri, BIM menadžeri, BIM koordinatori), procesa i alata.
2. BIM element – svaki BIM model sastoji se od više BIM elemenata. BIM elementi predstavljaju fizičke elemente okoliša (vrata, prozori, oprema) u 2D i 3D prezentaciji. Specifični su po tome jer sadrže zahtjeve za izvođenje, tehničke zahtjeve, vizualne karakteristike, podatke o proizvodu (cijena, proizvođač, šifra) te mnoge druge podatke. ISO standardi 16757 su pokrenuli elektroničke kataloge proizvoda gdje se podaci o određenom proizvodu mogu preuzeti u aplikaciji gdje se izrađuje BIM model. [11]

Karakteristična (minimalna) struktura svakog BIM elementa prisutna u katalogu sastoji se od:

- 3D geometrije
- Detalja u 2D formatu
- Informacija o materijalima
- Spojeva
- Traženih zahtjeva za prostor kojim se raspolaže

NBS BIM Object Standard (Britanski Nacionalni Standard BIM elementa) definira grupe koje svaki BIM element mora sadržavati: geometrijski, opći, informacijski, funkcionalni i zahtjevi metapodataka. [19]

3. BIM pristup

3.1. Povijest razvoja BIM – a

Sami počeci BIM - a sežu 20 godina unatrag te ideja BIM – a stoga nije nova iako je tek sada tema BIM - a aktualna i česta u akademskim i stručnim krugovima. Građevinska struka postaje svjesna mogućnosti koje pruža ovaj pristup te se sve više okreće primjeni istog u radu svjesna povećanja učinkovitosti, jeftinije gradnje, manjih grešaka, veće kontrole nad projektima i lakše komunikacije između sudionika samog projekta. Modeliranje objekata kroz prošlost se sreće u mnogim disciplinama te Tablica 1. navodi same početke i prvo pojavljivanje 3D modeliranja. [9]

Tablica 1. BIM kroz povijest [14]

POČECI BIM-a	
GODINA	DOGAĐAJ
1960.	Eastman (2011) navodi da je 3D modeliranje 1960.-ih bila jedna od najvažnijih tema istraživanja. Isto tako prvi kompozitni poliedarski oblici bili su razvijeni krajem ove godine.
1982	Razvijanje prvih poliedarskih oblika dovodi do razvijanja prvog računalno - grafičkog filma „Tron“ redatelja Stevena Lisbergera
1986.	Robert Aish – prvi put spominje pojam „Building Modeling“ te je time zaslužan za današnje ime koje se koristi za ovaj pristup – Building Information Modeling

1973	Modeliranje kompleksnijeg strojarskog dijela pomoću Booleanove operacije ² i B-rep načinom ³
1992.	Van Nederveen i Tolman navode u svom članku o BIMU-u te spominju pojam „Building Information Modeling“
Danas	BIM postaje osnovni standard u izradi projekata i projektne dokumentacije

Zbog naprednog i uspješnog razvoja 3D modeliranja dolazi i do razvoja ovog pristupa i u građevinarstvu. U građevinarstvu ovi procesi dolaze dosta kasnije za razliku od drugih područja iz razloga jer su građevinski projekti složeni i jedinstveni sami po sebi te svaki zahtijeva drugačiji pristup.

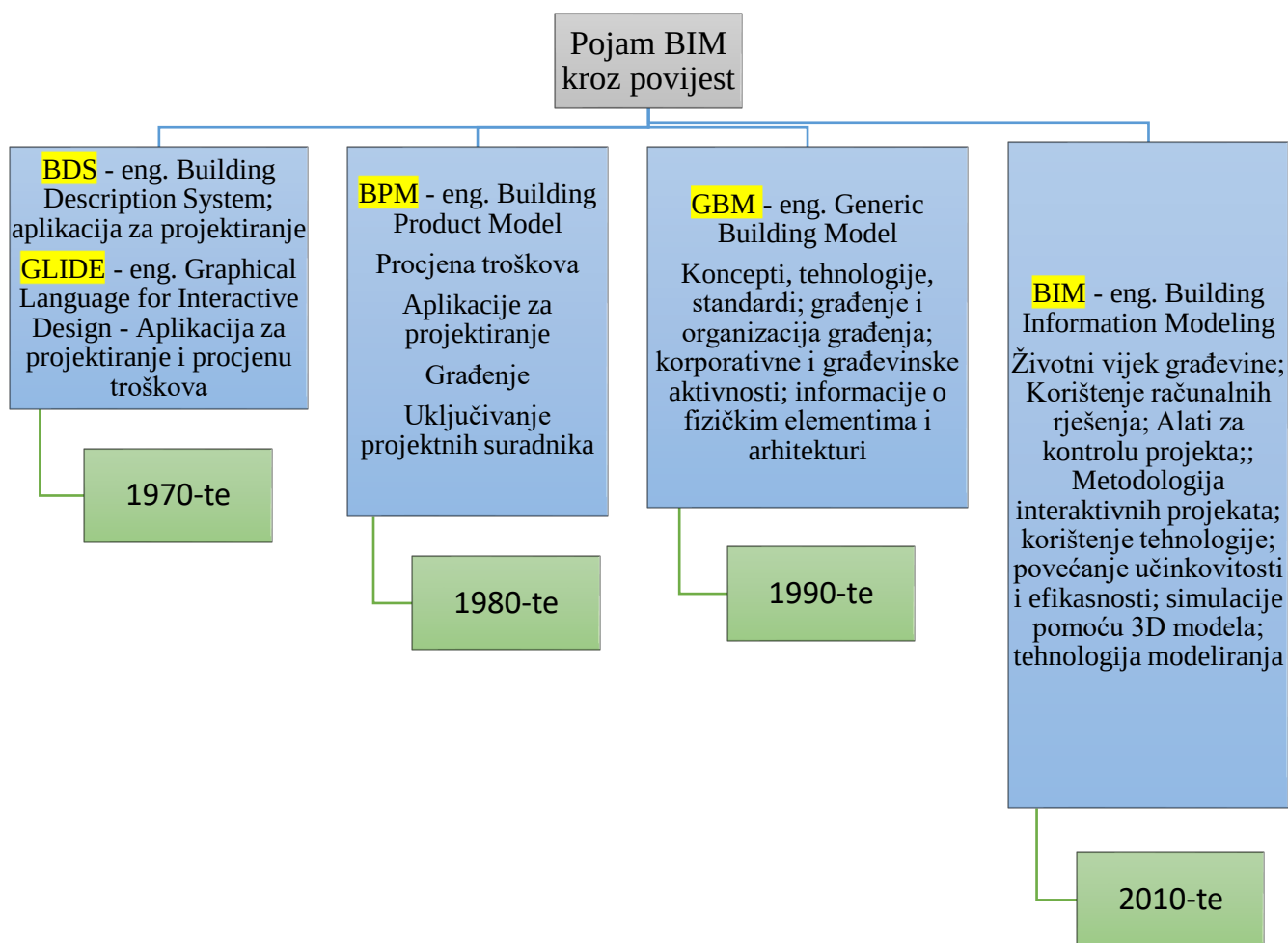
Tijekom vremena značenje BIM pristupa se mijenja. Na početku je ovaj pristup bio fokusiran isključivo na građevinu, na nusprodukt samog procesa građenja. Pristup je danas vezan za sve segmente građevinskog područja na način da poboljšava i ubrzava poslovanja i cjelokupnu organizaciju. Razvoj ove definicije i prilagodba pristupa kroz povijest detaljnije je objašnjena u Tablici 2. [9]

² Booleanova operacija- Dobila ime po matematičaru Georgeu Booleu koji u 19. stoljeću utemeljuje Booleovu algebru. Radi se o algebarskoj strukturi koja sadrži teorijske operacije (uniju, presjek, komplement), odnosno operacije I, ILI, NE. Osnovni zakoni: zakon komutativnosti, zakon asocijativnosti i zakon distributivnosti. [15]

(<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=70097>)

³ B-rep – metoda za predstavljanje oblika pomoću granica. Objekt je predstavljen kao zbirka povezanih površinskih elemenata. (<https://cadexchanger.com/brep>)

Tablica 2. BIM kroz povijest [14]



3.2. Modeli zrelosti BIM-a

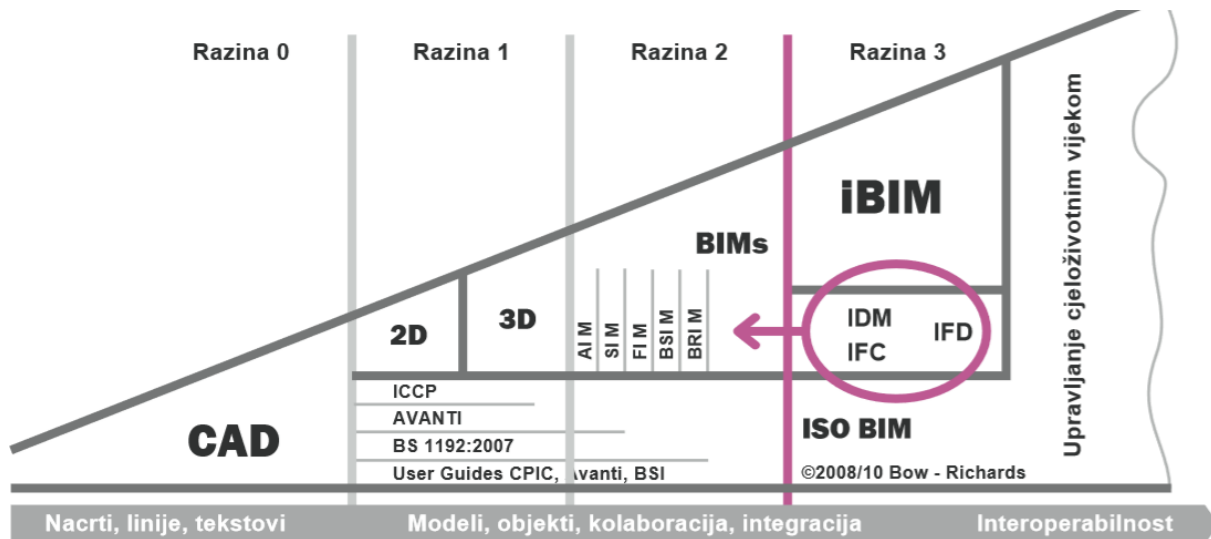
Razvoj BIM-a utječe i na razvoj građevinske industrije te je pomiče prema potpuno novim razinama što se tiče samog rada, razvoja i suradnje. Ovaj razvojni proces ima svoje razine, ključne događaje, percipirane od strane mnogih autora.

Budući da je BIM tehnika, njezina zrelost u industriji mora se promatrati iz njezinih primjena. Za procjenu razine zrelosti, također je bitno definirati najvišu razinu zrelosti.

Dva modela zrelosti; Bew-Richardsov model zrelosti BIM-a i stadiji zrelosti BIM-a Bilal Succara korišteni su u raspravi i utvrđivanju zrelosti BIM-a. Primijećeno je da su oba modela razvijena pregledom prirodne zrelosti i predviđene budućnosti praktične primjene BIM-a i srodnih tehnika. [12]

3.2.1. Bew – Richardsov model zrelosti BIM-a

Na slici 3 je prikazan Bew – Richardsov model zrelosti sa pripadajuće 4 razvojne razine.



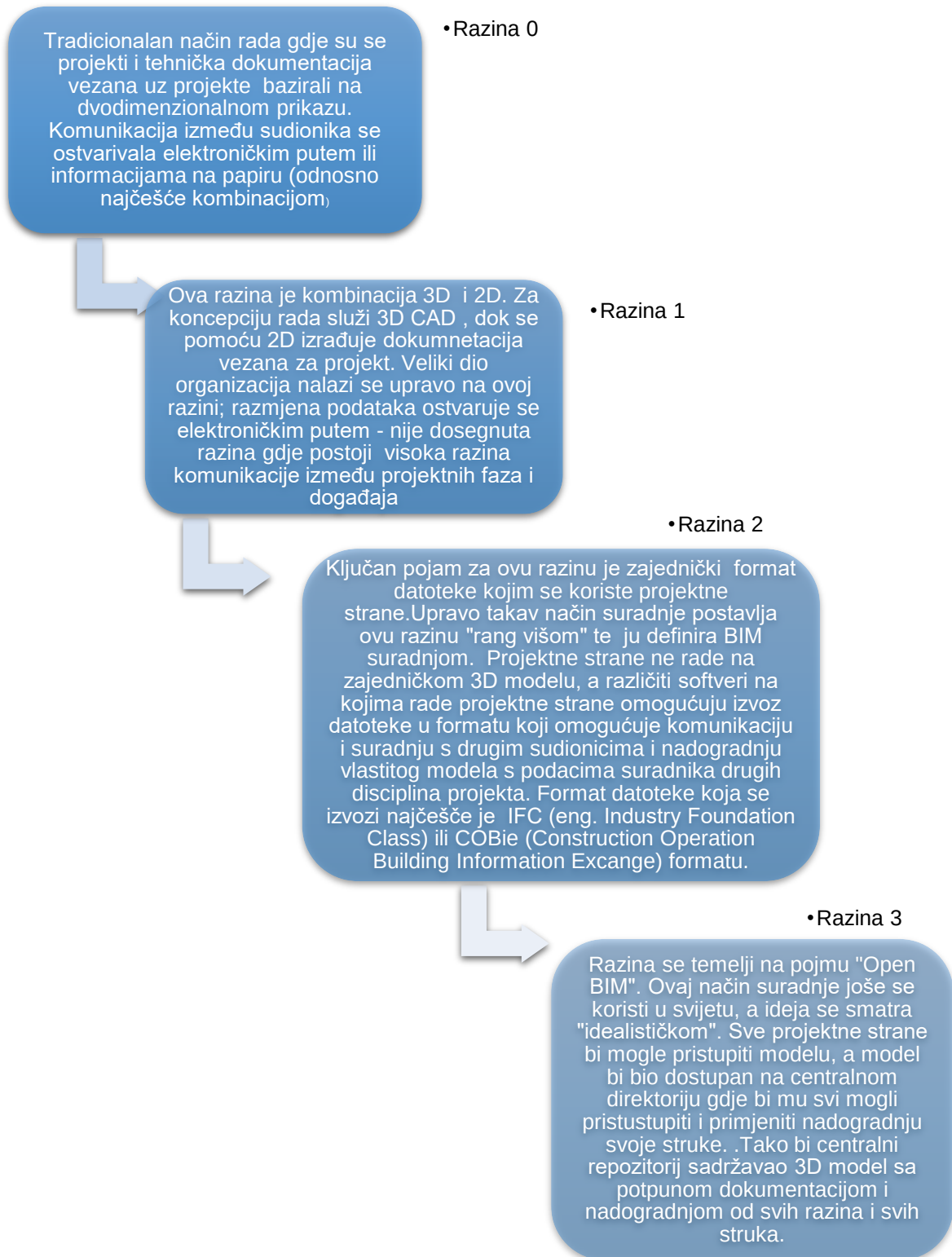
Slika 3. Bew – Richardsov model zrelosti [22]

Legenda

- IDM (eng. Proces Definition Standard) - standardi definicije procesa
- IFC (eng. Data Model Standards) - standardi interoperabilnih modela
- IFD (eng. Data Dictionary Standards) - standardi definicija podataka

Svaka razina Bew – Richardsovog modela zrelosti objašnjena je detaljnije u nastavku.

Tablica 3. Razine Bew – Richardsovog modela zrelosti [12]



3.2.2. Suucarove faze modela zrelosti BIM-a

Drugo zanimljivo BIM istraživanje je provedeno od strane Succara 2009. godine. Imenuje tri faze BIM zrelosti i IPD (eng. Integrated Project Delivery) – integriranu krajnju isporuku projekta kao dugoročni cilj nakon prve tri faze BIM projekta. Slika 4. prikazuje konceptualni linearni prikaz procesa zrelosti. [12]



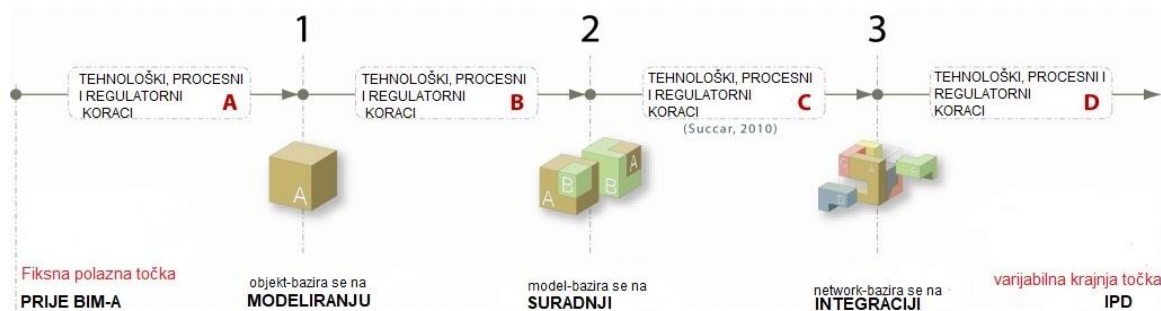
Slika 4. BIM faze zrelosti [27] ⁴

BIM faze zrelosti prema Succaru, 2009. su definirane minimalnim zahtjevima. Organizacija koja će biti razmatrana da posjeduje BIM sposobnosti Faze 1 mora implementirati softver za modeliranje objekata – ArhiCAD, AllPlan, Tekla, Revit. Slično faze 1, BIM Faza 2 zahtijeva od organizacije da bude dio projekta koji povezuje suradnji više disciplina. Faza 3 zahtijeva od organizacije sposobnost da bude dio multidisciplinarne mrežne povezanosti putem servera ili BIMSaaS⁵.

Za prelazak iz jedne u drugu fazu potrebni su koraci između svake od njih. Ono što razlikuje faze od koraka je to da su faze radikalne i transformacijske, dok su koraci inkrementalni. Potrebna je zbirka koraka kako bi se od faze „PRIJE BIM-a“ došlo do faze IPD (dugoročnog cilja BIM-a). Svaki korak je priča sama za sebe pošto je pokrenut različitim zahtjevima i izazovima pojedine BIM faze. S obzirom na različite kompetencije koje koraci sadržavaju BIM koraci mogu se podijeliti prema njihovom položaju na kontinuumu (Slika 5). [16]

⁴ AEC industrija (eng. Architecture, Engineering and Construction) – Arhitektonsko-građevinsko-instalaterska disciplina

⁵ Eng. Building Information Modelling System – Sustav za modeliranje i izgradnju podataka



Slika 5. Koraci između BIM faza [27]

Koraci između BIM faza:

- Korak A – vodi od faze „Prije BIM-a“ do BIM Faze 1
- Korak B – vodi od „BIM Faze 1“ do „BIM Faze 2“
- Korak C – vodi od „BIM Faze 2“ DO „BIM Faze 3“
- Korak D – vodi od „BIM Faze 3“ do IPD-a

Izraz „BIM zrelost“ odnosi se na kvalitetu, postojanost i stupanj izvrsnosti unutar BIM sposobnosti. Za razliku od „BIM zrelosti“ izraz „sposobnost“ predstavlja minimalnu vještinu. „Zrelost“ označava opseg te sposobnosti u obavljanju zadataka ili isporuke BIM produkta. Mjerila BIM zrelosti su poboljšanja koja BIM grupe ili organizacije žele uvesti u svoju praksu rada ili koja se već primjenjuju u njihovom radu. [9]

Sljedeći pokazatelji ukazuju na napredovanje od nižih prema višim razinama zrelosti:

- 1) Smanjenje razlika između ciljeva izvedbe i stvarnih rezultata te bolja kontrola nad varijacijama između planiranog i izvedenog
- 2) Smanjenjem varijabilnosti u izvedbi i troškovima dolazi do boljeg predviđanja i proračuna
- 3) Veća učinkovitost prilikom postizanja planiranih ciljeva i postavljanja novih

3.2.3. Integrirana rješenja za dizajna i konačnu isporuku

Pregledom trenutnih aplikacija i koncepata BIM-a utvrđeno je da ovaj koncept pod skraćenim nazivom “IDDS” definira konačnu razinu zrelosti BIM-a. IDDS je jedna od najopsežnijih tema koju je uvelo Međunarodno vijeće za istraživanje i inovacije u graditeljstvu (CIB). CIB opisuje:

„Rješenja integriranog dizajna i isporuke koriste kolaborativne radne procese i poboljšane vještine, s integriranim upravljanjem podacima, informacijama i znanjem kako bi se smanjile strukturne i procesne neučinkovitosti te kako bi se povećala vrijednost isporučena tijekom dizajna, izgradnje i rada te kroz projekte.“ [14]

U BIM implementaciji, integracija dobro podržava automatizirane sustave. BIM i povezani alati redovito se usavršavaju kako bi poboljšali svoje mogućnosti automatizacije. [9]

IDDS je pristup koji učinkovito integrira ljude, procese i tehnologiju građevinske industrije. Koncept je razvijen na temelju trenutnog tehnološkog napretka u građevinskoj industriji potaknut napredovanjem ICT-a, posebno BIM-a i srodnih tehnologija te novih procesa kao što je IPD (Integrated project delivery). Cilj je transformirati građevinski sektor kroz brzo prihvaćanje novih procesa, izgradnju informacijskog modeliranja i tehnologije automatizacije, koristeći inženjere u produktivnijim okruženjima.

IDDS pokriva sadašnja i buduća očekivanja i tako postaje krajnja misija građevinske industrije. To je koncept s vizijom i očito kontekstom koji još nije postignut. Jednostavno rečeno, IDDS je BIM utopija, tj. savršen kontekst koji BIM može pružiti. To je krajnja razina zrelosti implementacije BIM-a. [1]

Godine 2010. Owen i sur. (2010), uz sudjelovanje stručnjaka BIM-a iz cijelog svijeta, pregledali su suvremeni status građevinske industrije za svoje potencijale za implementaciju IDDS-a. Oni ističu potrebu za usporedbom poboljšanja u smislu ljudi, procesa i tehnologije za bolje rezultate. IDDS je pristup kojim bi se maksimalno iskoristile inovativne tehnologije, posebice BIM. Najvažnije komponentne ovakvog pristupa su [21]:

- Procesi suradnje
- Poboljšane vještine
- Integrirani informacijski i automatizirani sustavi
- Upravljanje znanjem

Klasificiranje statusa zrelosti BIM-a zasebno u svakoj od ovih komponenti omogućit će bolje razumijevanje statusa BIM-ove razvojne industrije. Budući da je očigledno da u takvoj industriji nema stvarnih implementacija BIM-a, fokus procjene bio bi koliko je njegova temeljna osnova za implementaciju BIM-a i postizanje IDDS-ove faze u budućnosti. [14]

3.3. Procjena okvira zrelosti BIM-a

Modeli zrelosti BIM-a razvijaju se iz promatranja napredovanja industrija koje su već postigle određeni napredak BIM-a. Za industriju koja je postigla mali razvoj BIM-a, primjena ovih BIM modela zrelosti za usporedbu njegove zrelosti otkrila bi samo malo informacija. Nepostojanje tehnologije omogućit će veću fleksibilnost pri izboru jer na odluku ne utječu sklonost i krivulja učenja trenutnih korisnika (jer ih nema). To također može eliminirati zahtjev da se slijede konvencionalne faze zrelosti kako bi se dostigla konačna razina. Za razvoj predloženog okvira za ocjenu dospijeca kao primarni parametri koriste se komponente IDDS-a. Ovaj okvir procjene omogućit će dobro informiranje odluka o provedbi strateškog BIM-a. Na primjer, industrija s boljom suradnjom (koja nije BIM) ima veću sposobnost sazrijevanja u BIM-u u usporedbi s onom sa slabom suradnjom. Prema H.S. Jayasenu i C. Weddikkaru (2013) slijedi pojašnjenje sva četiri ključna elementa okvira [12]:

3.3.1. *Procesi suradnje*

Ako zavirimo unutar društvenih okvira i međuljudskih odnosa, općenito prevladava kultura nepovjerenja koja ima utjecaja na suradnju u praksi.

Owen i suradnici (2000, str. 234) navode kako „*općenito prevladavaju različitosti u kulturama i mentalitetu te je samim time svaka razmjena informacija pomoću dokumenata između profesija izgubljena. Stoga se odluke često donose samostalno bez multidisciplinarnog sudjelovanja u odsustvu sveobuhvatnog i točnog znanja.*“

Ovaj opis dobro objašnjava nesuradnju između različitih profesija ili čak istih profesija koja je česta u građevinskoj industriji. Potrebna je promjena paradigme kako bi se mogli ostvariti koristi BIM-a ili barem spriječiti da BIM implementacija postane katastrofa.

Treba napomenuti da se BIM uvelike oslanja na snagu računala za čuvanje i obradu velike količine podataka koje dijele mnogi sudionici projekta. Za razliku od ljudskog mozga, računala su manje tolerantna na pogrešne i nepotpune podatke i stoga bi proizvela neočekivane rezultate ako svi sudionici na vrijeme ne osiguraju odgovarajuće informacije.

3.3.2. Poboljšane vještine

Važnost integracije ističe se kao važna potreba. To se ne odnosi na vještine korištenja BIM alata. To se prije svega odnosi na sposobnosti paralelne suradnje. Owen i sur. (2010) uočili su da je u suvremenoj građevinskoj industriji multitasking rijetkost te da se rješavanje problema temelji na postojećem dostupnom dokumentu kojem nerijetko fali preciznosti i točnosti. Primjer takvog rada može se objasniti na jednostavnom primjeru gdje arhitektonski crteži koje očekuje inženjer građevine služe za početak projekta konstrukcije, odnosno početak rada inženjera građevine, nakon čega slijedi HVAC⁶ inženjer (inženjer strojarstva) koji očekuje podloge od prethodno spomenutih dvoje inženjera za svoj projekt. S obzirom na vrijeme koje je potrebno svakom inženjeru da obavi svoj dio posla, a bez međusobnog surađivanja i komunikacije, automatski se produljuje vrijeme projekta. U slučaju bolje suradnje i multitaskinga, tri projektanta različitih struka bi radili paralelno gdje bi postojala mogućnost međusobne razmjene dijelova projekta.

Važnost korištenja BIM alata relevantnih za rad svakog profesionalnog ili tehničkog sudionika također je nužna. Program se razvija na način da većini sudionika olakša savladavanje BIM tehnologije. Programski alati mogu obraditi i razmijeniti BIM podatke u pozadini, a korisniku pružiti razumljivo korisničko sučelje. Od svakog sudionika se traži da bude vješt samo u alatima koji koristi za vlastitu izvedbu, međutim, to ga ne oslobađa od toga da zna što drugi rade u smislu isporuke projekta, jer je to znanje ključno za suradnju.

⁶ HVAC – eng. Heating, Ventilation and Air conditioning

3.3.3. Integrirani informacijski i automatizirani sustavi

Owen i sur. (2010) utvrdili su da je integracija (povezivanje, ujedinjavanje) trenutno podržana u BIM-u i povezanim alatima. Oni su specifični za dobavljače i stoga vežu samo mali broj alata za projekt i isporuku, stoga cjelovita integracija nije moguća. IFC⁷ standard nudi interoperabilnost⁸, ali zahtijeva od pojedinaca posebne kvalifikacije u svakoj organizaciji da osiguraju integritet razmjene podataka. Unutar interoperabilnosti uspostavljen je okvir za alate koji se neprimjetno spajaju jedni s drugima kako bi ažurirali informacije potrebne za bilo koji alat ili proces.

Van Berlo i suradnici (2012) u svom istraživanju pokazuju kako je takav model obećavajući i autori smatraju kako je najbliže pravom BIM-u.

BIM i povezani alati redovito se usavršavaju kako bi poboljšali svoje mogućnosti automatizacije. [29]

3.3.4. Upravljanje znanjem

Upravljanje znanjem (KM - eng. Knowledge management) posljednjih je godina bilo popularno istraživanje. Znanje se smatra najvažnijim strateški važnim resursom za bilo koju tvrtku. Ipak u tvrtki koja je fragmentirana, projektno-orijentirana i orijentirana na zadatke građevinske prirode otežana je provedba KM-a. [1]

Glavna literatura o implementaciji BIM-a izričito ili implicitno naglašava važnost KM-a. Potreba prvenstveno proizlazi iz nedostatka tolerancije BIM-a na pogrešne ili nepotpune informacije. To zahtijeva od sudionika projekta da pruže pravovremene i točne informacije. [6]

Odgovarajući sustav KM-a može se pretvoriti u stvarnost. Pravilan sustav neće samo sakupljati znanje, već će omogućiti i stalno stvaranje znanja (Malhotra, 2004; Owen, 2009). Važno je da sustav KM-a ne propadne jer bi njegov neuspjeh također bio neuspješan u cijeloj implementaciji BIM-a. [12]

⁷ IFC Standard – eng. Industry Foundation Classes; osnovni operativni sustav koji služi kao baza (transport) podataka

⁸ Interoperabilnost – sposobnost sustava za pružanje i primanje usluga drugih sustava, te uporaba tako razmijenjenih usluga za učinkovito međusobno djelovanje

Utvrđeno je da je integrirani sustav za dizajn i isporuku (IDDS) definicija konačne razine zrelosti BIM-a, stoga se smatra konačnim odredištem u strateškom planu BIM-a. Koristeći primarne parametre IDDS-a predlaže se okvir za procjenu zrelosti BIM-a. Okvir se sastoji od četiri komponente:

1. Kolaborativni procesi: procjena neposrednog potencijala za procese suradnje
2. Poboljšane vještine: procjena trenutnog statusa i neposrednog potencijala za višezadaćnost (multitasking)
3. Integrirani informacijski i automatizirani sustavi: procjena postojećih automatiziranih sustava (nonBIM) i kompatibilnost ICT infrastrukture za BIM integraciju
4. Upravljanje znanjem: procjena kompatibilnosti postojećih KM sustava s očekivanim BIM sustavima

Okvir nudi vodič za cjelovitu procjenu zrelosti BIM-a u BIM-ovoj novoj industriji. Za izradu odgovarajućih kriterija i alata za procjenu biti će potrebna detaljna studija unutar svake od gornjih četiriju komponenti. Okvir može obuhvatiti i Bew-Richardsov BIM model zrelosti i Succarov BIM model dospijeca za ocjenjivanje na višoj razini zrelosti. [12]

3.4. CAD I BIM komponente

Na slici 6. prikazana je razlika između istih elemenata u CAD-u i BIM-u prikazanih pomoću njihovih komponenata.



Slika 6. CAD i BIM komponente [2]

CAD (eng. Computer Aided Design) predstavlja primjenu računala za projektiranje i prikaz budućeg tehničkog predmeta. CAD program u osnovi predstavlja modeliranje predmeta pomoću dužina, krivulja, ploha i ravnina koji su prostorno određeni.

CAD je u svoje vrijeme uveo ubrzanje mnogih projekata i pojednostavljenje mnogih procesa (šrafiranje, kotiranje, itd.) vezanih uz rad na samim projektima. Unatoč tome što su bila potrebna sredstva za obuku korisnika i kupnju samog programa sa pripadajućim računalom, CAD je preuzeo tržište. Razlog tome je da su prednosti CAD-a veće od troškova koji idu uz njega.

CAD crteži izrađuju se u 2D pomoću osnovnih elemenata prikazanih na slici 6. To su elipsa, pravokutnik, luk, kružnica i linija. Svaki od nabrojanih elemenata postoji sam za sebe te svojim karakteristikama ne utječe na druge. Svaki element ima svoje karakteristike: transparentost, boja, širina, sloj.

Svaki crtež izrađuje se nezavisno o drugom crtežu. U slučaju promjena na nekom od crteža, moraju se mijenjati ručno na ostalim povezanim crtežima. Svi podaci koji se nalaze na crtežu se mjere ili preračunavaju i unose u tablice ručno. Potrebno je dosta vremena za radnje kao što se skaliranje, šrafiranje, kotiranje ili općenito opisivanje prostorija ili objekata. Vizualizacija bilo kojeg objekta se radi odvojeno. (Slika 7). [2]

BIM model izrađuje se u 3D prikazu te sadrži objekte kao svoje osnovne elemente. Radi se o parametarskim elementima sa svojim karakterističnim svojstvima kao što su prozor, vrata, zid, krov, stepenice, temelj, a neki od tih su prikazani na slici 6.

Neki od procesa koji su se nekada ručno iscrtavali u CAD - u ovdje se automatski podešavaju, bilo da se radi o skaliranju, automatskom povezivanju zidova ili otvorima koji se formiraju kod ubacivanja određenih elemenata u zid (npr. prozor, vrata). Sve navedene mogućnosti BIM-a omogućavaju povećanje produktivnosti zbog manjih intervencija od strane korisnika programa. [2]

Najveći potencijali BIM-a su ušteda i brzina rada. To se pogotovo očituje u fazi definiranja i koncipiranja projekta. Prednosti BIM-a u odnosu na projektiranje s tradicionalnim pristupom su:

1. Povećana produktivnost
2. Povezani i usklađeni radni procesi svih sudionika projekta
3. Mogućnost simulacija
4. Mogućnost oblikovanja, geometrijskih karakteristika, većeg izbora konstruktivnih elemenata i njihovih svojstava koji rezultiraju vizualizacijama

Za razliku od CAD-a, kod BIM-a se radi jedan model koji je baza za sve druge nacрте. Svi crteži su međusobno povezani. U slučaju promjena na jednom crtežu, promjena se automatski korigira na ostalim crtežima. Odnosno, korekcija na središnjem modelu odražava se na sve druge nacрте. Automatski je i izračun površine i volumena, nema ručnog računanja i iščitavanja s crteža radi preračunavanja. Gustoća šrafure, dimenzija teksta i detalji se mijenjaju ovisno o postavljenom mjerilu, a mjerila se mijenjaju klikom na izbornik (Slika 7). [2]



Slika 7. Usporedba CAD-a i BIM-a [2]

Na slici 8 vidi se kako BIM pruža i simulacije, konkretno na slici je studija osvjetljenja. Simulacije mogu biti vezane uz instalacije i način njihova funkcioniranja, studije osvjetljenja, model ponašanja nosive konstrukcije, a sve to donosi bolju energetska učinkovitost i optimizaciju te u konačnici i smanjenje troškova. [2]



Slika 8. Studija osvjetljenja [2]

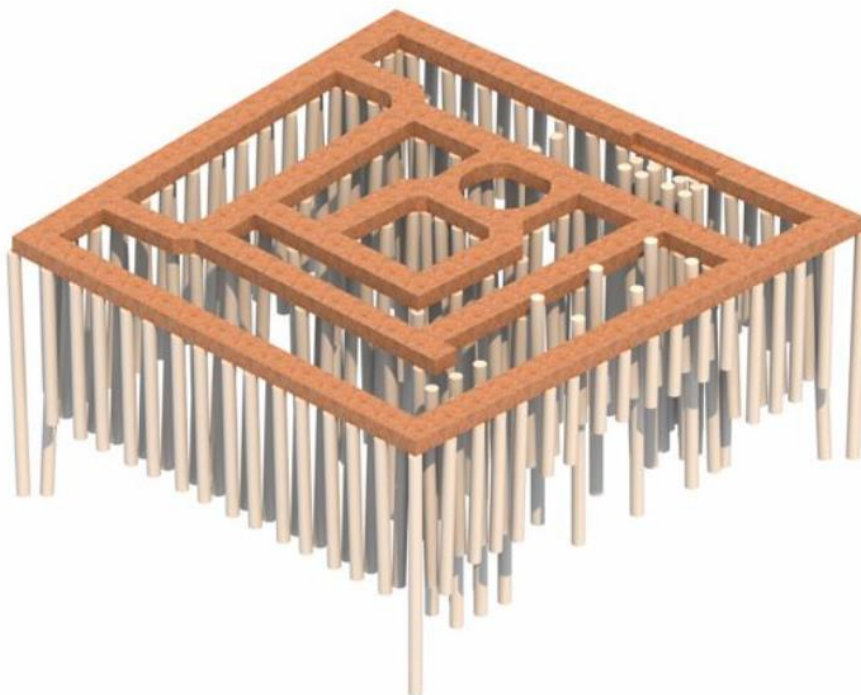
BIM donosi znatnu uštedu vremena. Program nudi opciju mijenjanja i korigiranja elementa u nekoliko poteza, bilo da se radi o krovnim ploham, nadstrešnicama, obliku temelja ili vrsti pilota. Samim time dobiva se na vremenu koje je moguće uložiti u [2]

U 3D -u se mogu materijali prikazati na potpuno realističan način. Na temelju 3D opcije stvaraju se vizualizacije (interijera i eksterijera objekta te okoliša oko objekta). Vizualizacije utječu na cjelokupan dojam investitora te isto tako mogu poslužiti za priliv novih investitora u firmu. [2]

Slika 9, slika 10 i slika 11 prikazuju neke od projekata u BIM-u u 3D prikazu.

Na slici 8 se nalazi građevinski projekt temeljenja glavne zgrade Pošte u Rijeci čiji je projektant Geotech d.o.o. Sanirana je postojeća temeljna konstrukcija te je izvršeno duboko temeljenje. Na slici je prikazana nova konstrukcija dubokog temeljena sa mlazno injektiranim stupnjacima. [35]

Na slici 10 se nalazi prikaz stambeno – poslovne zgrade u Opatiji. Vizualizacija je izvedena u Arhcad 22 programu te dorađena u Lumionu.

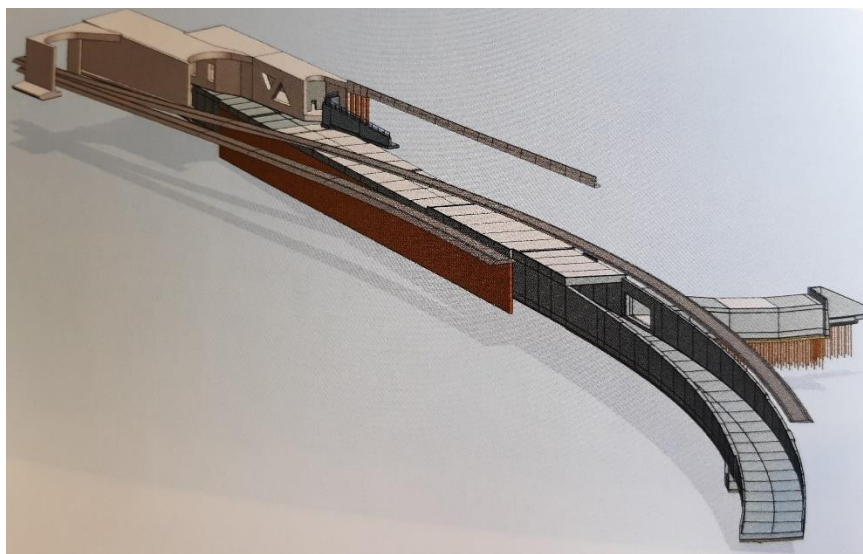


Slika 9. BIM u geotehnici (izrada u Allplanu 2017) [35]

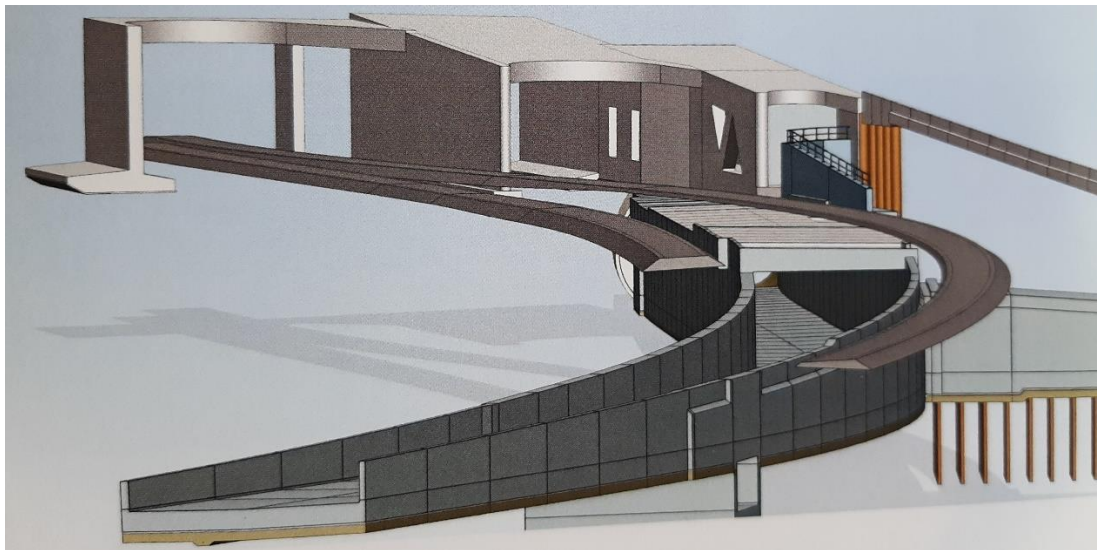


Slika 10. BIM u visokogradnji (izrada u Arhcadu i Lumionu, autor: AD Gallery d.o.o.)

Slike 11 i 12 prikazuju 3D model Feuerbach željezničkog tunela u Stuttgartu. Tunel dužine 238 m je izveden primjenom tehnike miniranja. Cjelokupni 3D model omogućava bolju koordinaciju svih mogućih utjecaja tijekom izvedbe (podgrađivanja) tunela – iskop, privremene konstrukcije, promet i postavljanje kolosijeka.

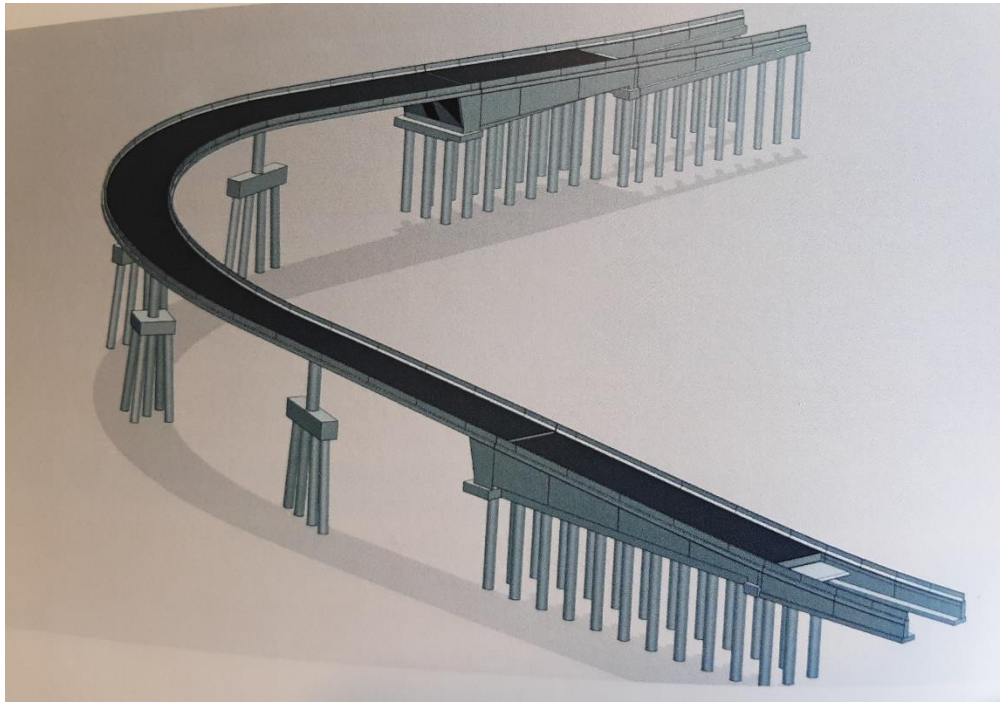


Slika 11. 3D model željezničkog tunela, Stuttgart (prikaz 1) [39]



Slika 12. 3D model željezničkog tunela, Stuttgartu (prikaz 2) [39]

Slika 13 i 14 prikazuju 3D modele vijadukta u Sao Paulu (Brazil). Radi se o veoma savijenom, prednapregnutom betonskom mostu koji tvori krivulju u tlocrtu (unutarnji promjer 55 m) te sadrži dvije trake. Konstrukcija je projektirana polu-integralno sa spojnicama i ležajevima na upornjacima.

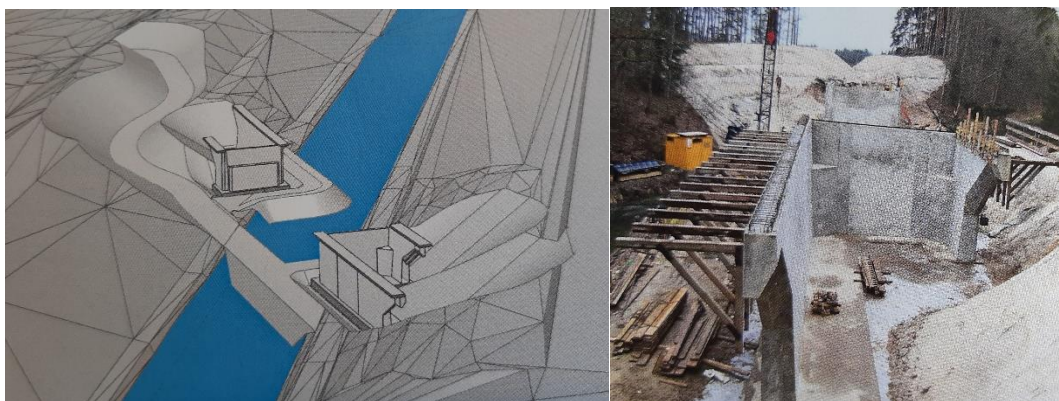


Slika 13. 3D model vijadukta, Sao Paulo, Brazil [39]

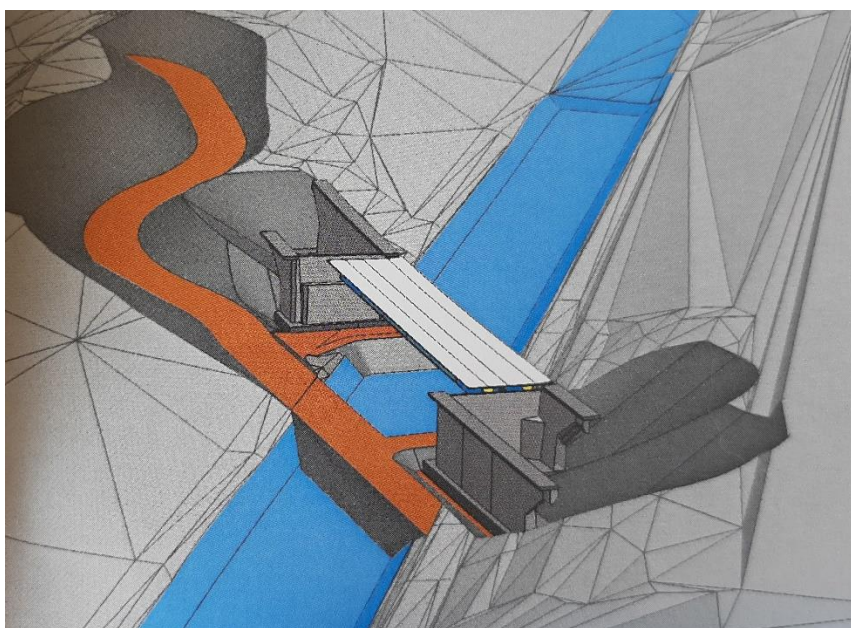


Slika 14. Vijadukt Sao Paulo, Brazil [39]

Slike 15, 16 i 17 prikazuju 3D model i pripadajuće slike izvedbe mosta na državnoj cesti B299 na zaobilaznici nedaleko Sengenthala. Konstrukcija je projektirana kao jednosmjerni čelični most preko postojećeg kanala. Glavni izazov bili su nepovoljni koeficijenti topografije i tla: teren sa kosinama i pješčano tlo. Također, izvedena je pomoćna cesta za potrebe opskrbe gradilišta. [39]



Slika 15. 3D model i izvedba mosta na državnoj cesti B299, Sengenthal [39]

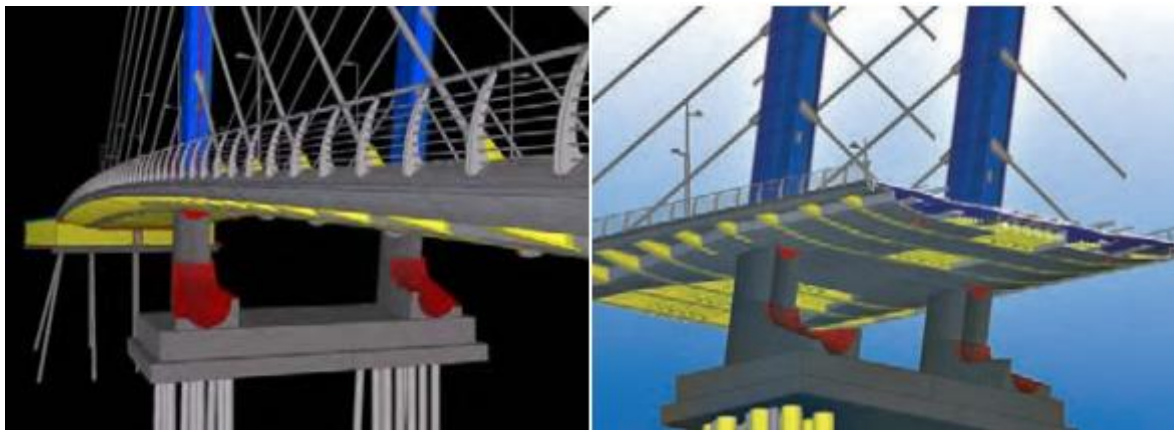


Slika 16. 3D model mosta na državnoj cesti, Sengenthal [39]



Slika 17. Izvedba mosta na državnoj cesti, Sengenhal [39]

Slike 18 i 19 prikazuju 3D model i pripadajuće slike Crusell mosta u Helsinkiju u Finskoj. Most ima pješačke puteve s obje strane, dvije trake za automobilski promet i tramvajske tračnice u oba smjera. Pilon je izrađen od čelika i nagnut, a njegov vrh nalazi se na visini od 49 metara od morske površine. [40]



Slika 18. 3D model Crusell mosta, Helsinki [40]



Slika 19. Crusell most, Helsinki [40]

3.5. Zakonodavni okvir i BIM

Prema „*DIREKTIVI 2014/24/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 26. veljače 2014. o javnoj nabavi i o stavljanju izvan snage Direktive 2004/18/EZ (Tekst značajan za EGP- Europski gospodarski prostor)*“:

„Stavak 4.“

Za ugovore o javnim radovima i projektne natječaje, države članice mogu zahtijevati korištenje posebnih elektroničkih alata, poput virtualnih prikaza modela zgrade ili slično. U tim slučajevima javni naručitelji omogućuju alternativne načine pristupa, kako je navedeno u stavku 5., do trenutka kada takvi alati postanu široko dostupni

Stavak 5.

Javni naručitelji mogu, prema potrebi, zahtijevati korištenje alata i uređaja koji nisu široko dostupni, pod uvjetom da sami ponude alternativna sredstva pristupa. Smatra se da javni naručitelji nude prikladna alternativna sredstva pristupa u bilo kojoj od sljedećih situacija, ako:

- (a) omoguće neograničen, potpun i besplatan izravni pristup elektroničkim putem tim alatima i uređajima od datuma objave obavijesti u skladu s Prilogom VIII. ili od

datumu kad je poslan poziv za potvrdu interesa. U tekstu obavijesti ili poziva na potvrdu interesa navodi se internetska adresa na kojoj su dostupni ti alati i uređaji;

(b) osiguraju da ponuditelji koji nemaju pristup dotičnim alatima i uređajima, ili koji nemaju mogućnost da ih u zadanom vremenskom roku pribave, pod uvjetom da za pomanjkanje pristupa nije odgovoran dotični ponuditelj, mogu pristupiti postupku nabave korištenjem privremenih tokena besplatno dostupnih putem interneta; ili

(c) podrže alternativni kanal za elektroničko podnošenje ponuda.

Europski parlament donio je pravila za modernizaciju javne nabave EU preporučujući upotrebu programskih alata kao što je Building Information Modeling ili BIM za ugovore o javnim radovima i projektne natječaje. Do 2016. godine države Velika Britanija, Nizozemska, Danska, Finska i Norveška zahtijevaju da se BIM koristi za javno financirane građevinske projekte. [5]

3.5.1. BIM i javna nabava projekata

U zamjenu za plaćanje poreza stanovnici gradova očekuju pružanje visokokvalitetne javne usluge. Visokokvalitetne javne usluge podrazumijevaju ulaganje u bolju kvalitetu života u vidu trgovina, sigurnih biciklističkih staza, dječjih igrališta, sigurnog cestovnog prometa sa pratećim visokokvalitetnim infrastrukturnim objektima. Za javne usluge na takvoj razini potreban je strateški pristup koji ovisi o učinkovitim procesima javne nabave. U nastavku slijede važne prednosti usvajanja BIM -a za javnu nabavu projekata:

- Uštede za obveznike:

Javna nabava je važna u ukupnom gospodarskom razvoju EU. Javni kupci ulažu oko 18 % BDP-a u regiji, na robu, radove i usluge. Prema izvješću Europske komisije u 2012. godine, javne agencije koje su već provele rješenja za e-nabavu uštedile su 5% - 20% svojih troškova. Ukupna veličina tržišta javne nabave EU-a procjenjuje se na više od 2000 milijardi €, što bi značilo da ušteda od 5% iznosi 100 milijardi € godišnje uštede. Za te novce moguće je izgraditi 150 velikih bolnica.

- Financijski poticaj za građevinsku industriju:

Europski građevinski sektor generira oko 10 % BDP-a u regiji te pridonosi s 20 milijuna radnih mjesta. Graditeljstvo je glavni potraživač od dobavljača sirovina, kemikalija, elektroničke opreme i povezanih usluga. Zarada u građevinskom sektoru ima značajan utjecaj na razvitak cjelokupnog europskog gospodarstva.

- Glavni utjecaji održive gradnje:

Pored ekonomskih koristi promatranih uvođenjem tehnologije za izgradnju, postojeće zgrade sudjeluju s 40 % u emisiji stakleničkih plinova i potrošnji energije. Europska direktiva 2014/24/EU bavi se i problemom rješavanja energetske učinkovitosti postojećih zgrada. Također, ovo je dodatni razlog usvajanja procesa BIM-a. Provedba nove direktive će također staviti veći pritisak na standardizaciji, koja je jedno od najvažnijih pitanja u nadolazećim godinama. [5]

4. PROJEKTIRANJE U BIM-U

4.1. Sudionici BIM projekta

Hrvatska regulativa putem „Zakona o gradnji NN 153/13“ i „Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje NN 78/15“ određuje uloge sudionika projekta i gradnje:

Sudionici u gradnji su:

- Investitor
- Projektant
- Revident
- Izvođač
- Nadzorni inženjer
- Voditelj projekta

Dosada su sudionici projekta bili podijeljeni u dvije grupe; kao posredni i neposredni. Pod posredne spadaju inspekcije, komore, državna i lokalna uprava, financijske udruge, strukovne udruge i ostale. Pod neposredne spadaju; investitor, projektant, izvođač, revident, voditelj projekta, nadzorni inženjer, investitor, izvođač, konzultant. U užem smislu pod neposredne spadaju oni koji su određeni Zakonom o gradnji: investitor, projektant, izvođač, revident, voditelj projekta, nadzorni inženjer. U širem smislu, pod neposredne također spadaju svi oni koji ostvaruju neki interes kroz projekt, tj. na koje projekt ima utjecaja.

BIM pristup podrazumijeva nove procese koji donose nove odgovornosti i dužnosti na projektima. Na slici 20. je prikazana preraspodjela uloga i dužnosti koje se pojavljuju prilikom BIM pristupa na BIM projektima. [9]



Slika 20. Preraspodjela uloga prilikom BIM pristupa [9]

4.1.1. BIM menadžer

Prilikom pokretanja BIM projekta, BIM menadžer je osoba koja je zaslužna za definiranje BIM ciljeva na projektu, skupljanje informacija i projektne dokumentacije i upravljanje njima. Osoba koja je zadužena za sve zadaće može biti zavisna osoba u projektu (glavni projektant) ili nezavisna osoba koja radi za investitora projekta. Glavna uloga i zadaća je određivanje pravila koja će biti na snazi tijekom cijelog trajanja građevinskog projekta. Isto tako, osigurava da sve informacije koje su među sudionicima u skladu s pravilnicima i ugovornim pravilima u smislu; pravodobnosti informacija u skladu s vremenskim planom, sadržaja, privatnosti, vlasništva.

Druge uloge BIM menadžera:

- Stvaranje raznovrsnih razvojnih razina modela projekta
- Ažuriranje i koordinacija modela sa svim sudionicima projekta
- Komunikacija s drugim stranama te informiranje dionika o potrebama drugih strana
- Organiziranje i vođenje koordinacijskih sastanaka
- Optimizacija prilikom razmjene informacija kako bi se spriječio njihov gubitak

Poželjno je da je BIM menadžer građevinske struke kako bi mogao što lakše upravljati svojim ulogama i zadacima. Osoba građevinske struke ima bolje razumijevanje u zahtjeve interesnih strana te je time ubrzan prijelaz između faza projekta. [9]

4.1.2. BIM koordinator

Uz BIM menadžera se pojavljuju i BIM koordinatori koji su građevinske ili druge srodne struke. Usmjeren je na uže područje struke, odnosno fokusiran je na funkcionalni sklop ako se radi o elektrotehničkim instalacijama, oblikovanju, nosivim konstrukcijama i sl. BIM koordinator je osoba koja stoji između dionika projekta i BIM menadžera. Strane koje se nalaze pod upravljanjem BIM koordinatora se koriste specifičnim programima za koje koordinator mora biti stručnjak koji kvalitetno upravlja modeliranjem i informacijama koje pružaju ti programi. [9]

4.1.3. BIM inženjer

Opis rada BIM inženjera je da se koristi BIM programima kojima razvija svoj dio BIM projekta. Iz BIM programa dobiva se tehničku dokumentaciju i model. BIM inženjer je osoba sa dugogodišnjim iskustvom i visokoškolskim obrazovanjem.

Ostale uloge:

- Rad u različitim okruženjima
- Usmjerava isporuke projekta te uz suradnju projektnog tima određuje zadatke
- Stvaranje što bolje suradnje između sudionika projekta
- Stvara zajedno s ostalim članovima projektnog tima As – Built model, 2D nacрте i 3D BIM model [9]

4.1.4. BIM tehničar

Osoba koja obavlja dužnost BIM tehničara mora imati razvijene vještine u modeliranju s BIM softverima te razumjeti specifične projektne discipline. Zadužen je za modeliranje funkcionalnih sklopova prilikom kojima mora razumjeti specifično strukovno područje za koje je vezan model. Za ulogu BIM tehničara kompetentna je osoba koja je niže razine strukovnog obrazovanja ili osoba koja nema toliko iskustva rada u struci, a ima završeno visokoškolsko obrazovanje.

Ostale uloge:

- Modeliranje
- Rad pod vodstvom BIM koordinatora i BIM inženjera
- Odgovoran za izlaznu dokumentaciju i točnost modela
- Suradnja s drugim strukama projekta
- Zajedno sa članovima tima pregled projekta
- Jedan od odgovornih za unutarnju i vanjsku komunikaciju [9]

4.1.5. BIM konzultant

Osoba koja je zadužena za vođenje konzultacija između sudionika projekta (izvođači, investitori, projektanti, razvojni inženjeri, nadzorni inženjeri) koji planiraju usvojiti ili trenutno usvajaju BIM pristup te trenutno nemaju iskusne stručnjake za BIM pristup u svom timu.

Razlikuju se tri tip konzultanta:

1. Operativni konzultant – tijekom BIM implementacije zadužen je za savjetovanje
2. Funkcijski konzultant – Sukladno strategijama organizacije stvara akcijske planove
3. Strateški konzultant – Zadužen je za savjetovanje prilikom nastanka strategija koje se temelje na budućoj viziji organizacije [9]

4.2. Razine razvijenosti elemenata iz BIM modela

Razina razvijenosti odnosi se na elemente BIM modela te se koristi kao opis pouzdanosti informacije koja je dio nekog elementa koji pripada BIM modelu. Kao oznaka razine razvijenosti se koristi kratica „LOD“ – eng. Level of Development. Najvažnija zadaća LOD – a je da svakom sudioniku u svakom trenutku projekta bude dodijeljena zadaća koju on jasno razumije u svim fazama projekta te da svi drugi sudionici međusobno znaju svoje zadaće i zadaće ostalih članovima tima. Na taj način je svatko u potpunosti svjestan projekta kao cjeline te je time kvalitetniji sudionik razvoja BIM modela projekta. Razine razvijenosti se definiraju LOD tablicama koje su dio BEP-a (Plan izvršenja BIM projekta).

Razinom razvijenosti određen je opseg do kojeg se razvija element BIM modela, a opseg obuhvaća početnu konceptualnu fazu, fazu građenja i upravljanja.

Elementi pojedinog BIM modela se razvijaju različitim brzinama tijekom projektiranja te ih u tom pogledu možemo smatrati individualnima. Iz tog razloga se LOD ne koristi za opis cijelog modela već samo za opis elemenata BIM modela.

Razina razvijenosti podrazumijeva određeni opseg u kojem postoji vremenska ograničenost u kojoj se možemo pouzdati u informaciju u korist donošenja odluka.

Velika vrijednost LOD-a je u tome što omogućuje komunikaciju članova tima u vezi razvoja elemenata modela. Kroz građenje i projektiranje određuje kakvo treba biti očekivanje u razvoju elemenata BIM modela kako bi planiranje, koordinacija i upravljanje bili što efikasniji.

Element BIM modela je zadovoljio LOD ukoliko je zadovoljio sve tražene zahtjeve. Zahtjevi su kumulativni, odnosno element BIM modela mora zadovoljiti i sve zahtjeve od nižih razina razvijenosti.

Treba razlikovati razinu razvijenosti od razine detaljnosti. Razina detaljnosti se odnosi na količinu detalja koji su sastavni dio BIM modela (uglavnom grafičkih).

Razina razvijenosti (LOD) je razina ozbiljnosti do koje je npr. geometrija modela razrađena, odnosno koliko je pouzdana ta informacija da se na nju mogu osloniti članovi projektnog tima tijekom razrade modela. [9]

4.2.1. Aspekti LOD – a

Razina razvijenosti (LOD) sastoji se od različitih aspekata koji formiraju geometriju i informacije koje opisuju pojedinačno svaki element BIM modela. Slijede aspekti LOD – a:

- Razina detalja (eng. Level of Detail)
Prikazuje geometrijsku preciznost s obzirom na stvarni izgled elementa. Model može izgledati kao potpun zbog visoke kvalitete grafike, ali možda nema određene točne dimenzije ili druge informacije što je kvalitetom grafike „zataškano“. Bez obzira što je grafički prikaz model detaljan, on zbog nedostatka bitnih informacija može biti pogrešan (pogrešan proizvođač ili veličina). Bez obzira što se razina detalja i razina razvijenosti poistovjećuju, to nisu dva ista pojma.
- Razina preciznosti (eng. Level of accuracy)
Npr. u ranoj fazi projekta može biti postavljen detaljan element klimatizacije koji može biti sličnih dimenzija finalnom odabranom proizvodu klimatizacije. Međutim, modeli klimatizacijskih uređaja, iako su slični, mogu dimenzijski odstupati. Preciznost elementa BIM modela se smatra točno određenom tek kada je poznat finalni proizvod.
- Razina informacija (eng. Level of information)
Pojam razina informacija istovjetan je pojmu razina podataka. Zadaća je postići potpun BIM model što je potrebno za upravljanje građevinama i 4D simulaciju građevine.
- Razina koordinacije (eng. Level of coordination)
Razina koordinacije se na odnosi na razinu razvijenosti jednog elementa, već na koordinaciju s drugim elementima istog BIM modela. Vrata se mogu postaviti u određeni zid bez obzira što ta vrata možda nisu koordinirana s otvorom u zidu kao modelu nosive konstrukcije. [9]

4.2.2. Oznake razine razvijenosti (LOD – a)

Oznake razine razvijenosti koordiniraju se pomoću brojeva s intervalima od 100. Brojevi omogućuju fleksibilnost kada se određuju međukoraci. Ovakve oznake su korisne prilikom ugovaranja, odnosno prelaska iz projektiranja u fazu građenja. LOD razine prikazane su na armiranobetonskoj gredi na slici 21.

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400	LOD 500
					
Nema informacija (nije uopće poznato je li greda potrebna).	Postoji greda, vjerojatno će biti armiranobetonska, procijenjenih dimenzija.	Armiranobetonska greda, točno određenih svojstava betona i armature definiranog presjeka, predgotovljena, sve dimenzije su precizno određene.	Kompromis: koristi se LOD međukorak, plan oplata i armature te PKOK grede u tvornici.	Izvedbeni projekt, uz plan oplata i armature te PKOK, razrađeni su svi detalji građenja: oprema za podizanje, mjesta prihvata i drugo.	Snimak izvedenog stanja.

Slika 21. LOD razine prikazane na primjeru AB grede [9]

4.3. Organizacija BIM projekta

Direktorij treba biti strukturiran tako da bude pregledan svim korisnicima te da se njime aktivno služe. Direktorij služi za pohranu projektnih podataka, služi kao točna lokacija za datoteke. Bitno je pregledno razvrstati datoteke pošto one doprinose razmjeni podataka, kvalitetnijoj suradnji na projektu, arhiviranju i drugim stvarima koje doprinose završetku projekta. [9]

Struktura direktorija je organizacija BIM projekta između projektnog tima, a sastoji se od 4 dijela:

1. Radno – sastoji se od svih direktorija i datoteka projekta kojima mogu pristupiti samo korisnici istog tima ili tvrtke. Može sadržavati ograničenja pristupa na neke datoteke i direktorije koja se tiču samo nekih korisnika.

2. Dijeljeno – sastoji se od određenih datoteka i direktorija projekta koji se dijele s drugim sudionicima projekta (drugim timovima ili tvrtkama). Za određene korisnike prava pristupa mogu biti ograničena. Sadrži samo potvrđene datoteke koje služe točno određenoj svrsi ostalim sudionicima.
3. Predano – sadrži finalne verzije predanog (gotovog) projekta. Dokumentacija i modeli koji su smješteni u ovaj direktorij služe za izradu ponudbene dokumentacije, za ishodenje dozvola, građenje i druge primjene.
4. Arhiva – sadrži povijest projekta. Može sadržavati radne verzije projekta, predane verzije ili dijelovi predanih verzija. Također se u ovom direktoriju može imati uvid u povijest razmjene informacija, povijest zahtjeva za izmjene povijest dijeljenja datoteka

4.3.1. Struktura datoteka

Datoteke projekta se dijele u 4 osnovne skupine [9]:

1. BIM datoteke - BIM modeli su razvrstani na dva tipa datoteka, datoteke izlazne dokumentacije i datoteke modela.
 - Datoteke modela su originalne datoteke koje moraju biti povezane s drugim strukama. Nazivi ovih datoteka moraju imati dogovorenu konvenciju imenovanja koju se mora pratiti. Datoteke izlazne dokumentacije. PDF i svi izvorni formati datoteka moraju imati svoj direktorij zajedno s trenutnim verzijama izlazne dokumentacije.
2. Opće datoteke – standardne datoteke potrebne za projekt. To su datoteke koje služe za upravljanje projektom. To su:
 - dopisi
 - uvjeti
 - standardi
 - suglasnosti
 - dozvole

-ulazni podaci (geodetske snimke, fotodokumentacija, zahtjevi investitora, postojeće stanje, sastavnice (i ostali elementi BIM modela karakteristični za projekt), grafika i logotipovi i ostalo

3. Koordinacijske datoteke – datoteke koje služe za koordinaciju projekta, organizirane su po datumima
4. Ostale datoteke – analize, vizualizacije, sukladnost za certifikate za održivu gradnju

4.3.2. Sigurnost podataka i konvencija imenovanja

Projektni timovi moraju uspostaviti pravila kako bi se osigurala sigurnost podataka. Cilj takvih protokola je spriječiti oštećenja, zloupotrebu informacija, moguće viruse, gubitak te štete koju mogu prouzročiti treće osobe ili djelatnici tvrtke. Potrebno je ograničiti, odnosno dodijeliti prava pristupa korisnicima u onoj količini da je spriječen gubitak ili bilo kakvo oštećenje informacija tijekom arhiviranja, održavanja ili razmjene. [9]

Kao temelj za uspješne projektne datoteke smatra se konvencija imenovanja. Konvencija imenovanja, također je i temelj za suradnju unutar projektnog tima, drugih timova različitih struka. Konvencija se dijeli u 3 osnovne skupine:

1. Imenovanje direktorija
2. Imenovanje datoteka
3. Imenovanja unutar datoteka

Struktura imenovanja datoteka detaljnije je razrađena u tablici 4.

Tablica 4. Struktura imenovanja datoteka [9]

ZOP	• Označava ZAJEDNIČKU OZNAKU PROJEKTA • Sve mape koji su sastavni dio projekta
BROJ MAPE	• Redni broj pojedince mape od svih mapa koje čine projekt
STRUKA	• Strukovne odrednice projekta • Primjer: "A" - Arhitektonski projekt
FAZA	• Označava namjenu projekta, odnosno razinu razrade projekta • Primjer: "01" - Idejni projekt
NAZIV PROJEKTA	• Skraćen ili pun naziv projekta
OZNAKA DODATNE PODJELE	• U slučaju postojanja dodatne podjele
OZNAKA VERZIJE SOFTVERA	• Datoteka koja nije kompatibilna sa novom ili starom verzijom softvera u kojem se obrađuje ista datoteka
DATUM	• Datoteka mora imati jasnu oznaku datuma • Oznaka datuma za sve datoteke u operativnom sustavu mora biti u sličnom obliku
VERZIJA	• Naziv koji označava ako je datoteka konačna verzija, radna verzija, verzija za arhivu, podloga za suradnike
OZNAKA AUTORA	• Podatak koji predstavlja vlasnika datoteke, dodjeljuje se radnim verzijama • Sastoji se od 3-4 znaka koja proizlaze iz imena autora

4.3.3. Sigurnosne kopije

Sigurnosne kopije su verzije datoteka (cijeli projekt ili dio projekta) čiji je cilj spriječiti gubitak ili oštećenje važnih dokumenata za projekt ili odrađeni posao. Ovo je svakako važan korak, pogotovo u fazi projektiranja. Ukoliko se podaci zagube, sigurnosne kopije postaju važan segment organizacije projekta, a samim time i cijelog BIM pristupa. Vremenski razmaci u kojima se sigurnosne kopije obnavljaju ili stvaraju ovisi o rokovima, samom projektu i broju suradnika. Poželjno je zbog bolje organizacije odrediti projektne cjeline kako bi se svaki član projektnog tima bio zadužen za stvaranje sigurnosne kopije te cjeline. Kod ZIP datoteka nije moguć izravan pristup dokumentima te je time izbjegnuta nenamjerna izmjena sigurnosne kopije.

Poželjno je uvesti u praksu i spremanje datoteka na vanjski izvor (nepovezano računalo ili tvrdi disk) kako bi se zaštitili podaci od širenja virusa ili izravnog pristupa. [9]

4.3.4. Platforma za suradnju

Važan aspekt BIM – a je razmjena dokumenata, suradnja i stalna dostupnost ažuriranim dokumentima. Pritom nije najoptimalnije rješenje slanje dokumenata elektroničkom poštom. Posljedica toga su mogući problemi s upravljanjem revizijama i duplikati. Uslijed navedenog dolazi do potrebe za online platformom. Postoje specijalizirane platforme za BIM i platforme koje se sastoje od jednog servera kojeg organizira jedan sudionik projekta. Platforma je bitan element BIM-a te se njen odabir povjerava BIM koordinatorima ili BIM menadžerima. [9]

Funkcionalna platforma mora imati sljedeće karakteristike [9]:

- Korisnici s različitih lokacija pristupaju dokumentima
- Moguće je upravljati izmjenama i vlasništvom dokumenata
- Moguća je organizacija strukture direktorija (npr. u obliku stabla)
- Mogućnost razmjene informacija (isključena mogućnost duplikata)
- Korisnici mogu raditi na zadnjim verzijama
- Automatsko stvaranje arhiva i mogućnost upravljanja arhivima
- Sigurna autorizacija
- Upravljanje korisničkim pristupom

Platforma ne jamči učinkovitu suradnju. Radi se o alatu za upravljanje, razmjenu i spremanje dokumenata. Učinkovita suradnja ovisi o pravilima i postavljenom praktičnom radnom procesu kojima koordiniraju BIM koordinatori i BIM menadžeri. Dakle, iako se radi o praktičnom i unaprijeđenom softveru valja imati na umu da softver ne misli umjesto nas te smo ključan i najbitniji čimbenik softvera upravo mi.

4.4. Smjernice za modeliranje

U nastavku slijede smjernice za modeliranje koje je moguće primijeniti na sve BIM softverske alate:

- Softversko rješenje

Primjena BIM pristupa ovisi o uporabi odgovarajućih programskih rješenja. Pomoću BIM programa omogućeno je trodimenzionalno modeliranje, upravljanje informacijama i proizvodnja geometrije. Takvi specifični alati od posebne su važnosti za programe kojima se koriste projektanti, jer njihov rad predstavlja osnovu faze građenja BIM procesa.

Cilj BIM programa je da omogućava jednostavniju i bržu komunikaciju koja dovodi do pojednostavljivanja i veće brzine BIM procesa i manjeg rizika od gubitka podataka ili pogrešaka. [9]

- Razina preciznosti

Preciznost modeliranja elemenata mora pratiti faze projekta. Konceptualna geometrija je dovoljna za idejno rješenje, a precizno modeliranje elemenata potrebno je u kasnijim fazama projektiranja. Evolucija modeliranja elemenata mora slijediti evoluciju projekta. Stoga, potrebno je koristiti razumnu razinu preciznosti od idejnog rješenja do konačne verzije modela koja bi trebala što više odgovarati stvarnom izvedenom stanju. [9]

- Zajednički koordinatni sustav

Potrebno je odrediti koordinatni sustav sa zajedničkim ishodištem i XYZ smjerovima. Područje za modeliranje određeno je pozitivnom Z osi (visina) te pozitivnim XY osima. Time su izbjegnute negativne koordinate, samim time i moguće ljudske pogreške. [9]

- Funkcionalnosti programskog rješenja

Svaki element ima predviđene alate pomoću kojih modelira čime postiže standardnu programsku funkcionalnost. Npr. prozor je element koji se modelira alatom za prozore, zid funkcijom programa za zidove. Ukoliko programski alati ne pružaju mogućnost modeliranja nečeg specifičnog, koriste se ne-standardni alati za modeliranje istog, uz dokumentaciju navedene radnje. [9]

- Kolizija elemenata

Analizom kolizije elemenata otkrivaju se pogreške u iskazivanju količina koje nastaju preklapanjem objekata i njihovih volumena. Pogreške nastaju uslijed udvostručavanja, tj. dupliciranja.

- Korištena programska rješenja

Kako bi se postigla što bolja suradnja i dijeljenje digitalnih dokumenata potrebno je da svi sudionici objave popis programskih rješenja i inačica kojima su se koristili tokom projekta. Sukladno tome, sve informacije programskog rješenja korištenog tokom projektiranja moraju biti dostupne kao dio ponudbene dokumentacije natječaja kako bi se izvođaču (i drugim sudionicima) omogućila procjena stupnja interoperabilnosti⁹. [9]

- Smanjenje broja ciklusa uvoza/izvoza

Uočava se manji gubitak informacija prilikom redukcije ciklusa uvoza/izvoza. Informacije se mogu lako dijeliti i pri uporabi različitih programskih rješenja, ako imaju pravilno strukturiranu hijerarhiju. [9]

- Dostupnost relevantnih informacija

Da bi BIM model bio u potpunosti upotrebljiv moraju biti poznate i informacije o njegovim ograničenjima kao i razina razvijenosti elemenata. Informacije moraju biti strukturane, povezane i definirane. Elementi i pripadajući atributi modela određeni su informacijama o zastupljenosti i lokaciji kao i svojim jedinstvenim identifikatorom (GUID ili ID). U suprotnom, bez točno određenih informacija ne bi imali nikakvu vrijednost. [9]

- Zamjena elementa umjesto brisanja

Prilikom stvaranja BIM program dodjeljuje elementu njegov jedinstveni identifikator (ID ili GUID). U slučaju brisanja elementa, ID ostaje u projektu nedodijeljen ili se obriše, a samim time se brišu i svi ostali elementi povezani s tim ID-om. Ukoliko je element o kojem pričamo zid, svi elementi povezani s tim zidom (prozori, vrata) će biti izbrisani. Pravilno ažuriranje postiže se zamjenom postojećeg elementa umjesto brisanja. [9]

⁹ Interoperabilnost – sposobnost sustava za primanje i pružanje usluga drugim sustavima u cilju uporabe istih usluga za efikasno međusobno djelovanje. [32]

- Modeliranja kao prototip

BIM model predstavlja virtualni prototip stvarno izgrađenog okoliša. Svi sudionici projekta rješavaju probleme na modelu na isti način na koji bi ih rješavali na stvarnoj građevini. Pri modeliranju treba uzeti u obzir i konačan rezultat i fazu građenja. Odnosno, elementi se modeliraju na isti način na koji će biti izgrađeni. [9]

- Upotreba boje kao sredstvo identifikacije

Praktičan način identifikacije BIM modela je uporaba unaprijed dogovorenih boja. Za elemente različite namjene ili različitih struka se koristi boja kao sredstvo identifikacije. [9]

- Ograničiti broj modela

BIM koordinator zadužen je za koordinaciju BIM modela različitih struka koji nastaju kroz proces projektiranja. Premali broj modela stvara probleme s odgovornošću, vlasništvom i interoperabilnošću, dok previše modela stvara složenu koordinaciju. Potrebno je definirati dovoljan broj modela u fazi projektiranja kako bi cijeli BIM proces bio učinkovit. [9]

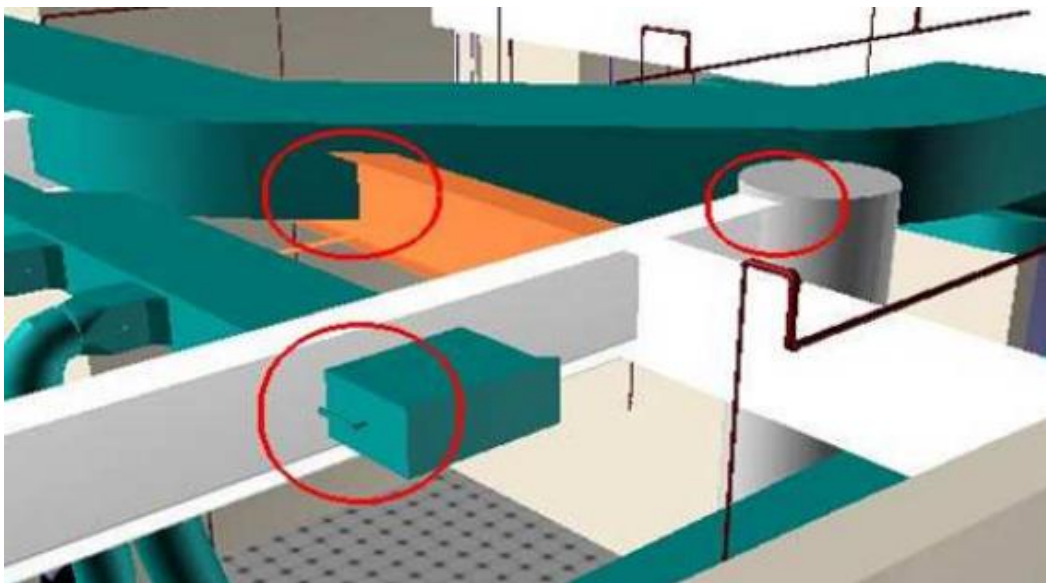
4.5. Koordinacija BIM modela

Jedna od važnih prednosti BIM pristupa je otkrivanje kolizije u ranim fazama projekta kada je vremenski manje zahtjevno, jeftinije i jednostavnije ispraviti nastale kolizije. Kolizija nastaje zbog prostorne nekoordinacije komponenata koji čine građevinu. Zbog prednosti BIM tehnologije mogu se uočiti prije početka radova na gradilištu, još u fazi projektiranja. Svi sudionici gradnje koji nisu iste struke surađuju na istom građevinskom projektu (arhitekt, inženjer građevine, inženjer strojarstva, inženjer elektrotehnike, inženjer zaštite okoliša) i izrađuju vlastite modele. Svaki model predstavlja jedinstveni BIM model te se sastoji od niza dokumenata i strukturiranih podatkovnih datoteka o onome što se gradi. Svi modeli zasebnih timova integrirani su u glavni model koji je smješten u okolini za dijeljenje podataka. Prilikom sjedinjavanja mnoštva modela u jedan glavni model dolazi do kolizije. [9]

4.5.1. Vrste kolizija

- Fizička kolizija (eng. Hard clash)

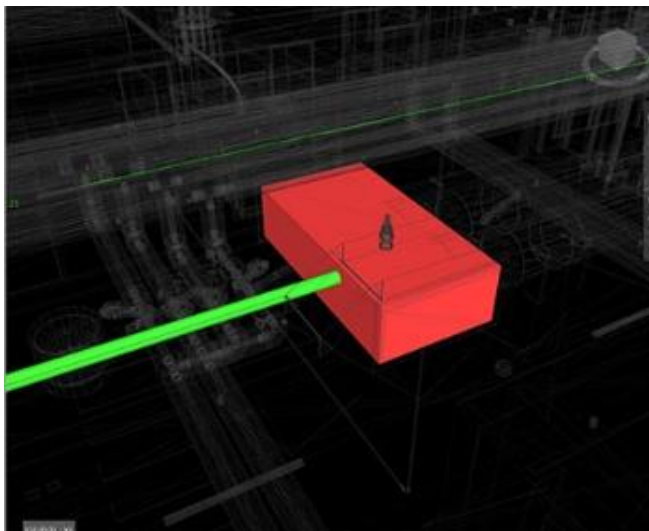
Fizička kolizija predstavlja dva elementa koji se preklapaju, odnosno dijele isti prostor. Primjer fizičke kolizije je prodiranje cjevovoda kroz čeličnu gredu ili stupa kroz zid. Na slici 22 su prikazani primjeri kolizije otkriveni na temelju geometrije. Ukoliko se ovakav tip kolizije otkrije tek na gradilištu može predstavljati veliki gubitak vremena i novaca. [9]



Slika 22. Fizička kolizija [36]

- Kolizija s tolerancijom (eng. Soft clash)

Vrsta kolizije koja nastaje kada elementu nije dodijeljena potrebna geometrijska ili prostorna tolerancija. Svi dijelovi građevine i pripadajući ugradbeni elementi moraju imati svoj slobodan prostor. Izostanak tog prostora predstavlja koliziju s tolerancijom. Primjer je klimatizacijski uređaj kojemu mora biti dodijeljen prostor radi održavanja, sigurnosti i dostupnosti (Slika 23). [9]



Slika 23. Kolizija s tolerancijom [36]

- Kolizija zbog redoslijeda građenja (eng. 4D Workflow clash)

Vrsta kolizije nastala tijekom gradnje sustava građevine. Uključuje isporuku opreme, isporuku materijala, preklapanje vremenskih termina te koordinaciju izvođača. [9]

Instalacije unutar zida i ugrađena stropna rasvjeta su primjeri geometrijski prihvatljivih kolizija te bi se u programskom alatu mogli postaviti alati za izbjegavanje označavanja takvih vrsta kolizija.

Zaključno, u otkrivanju kolizija u BIM modeliranju važna je razina razrade detalja.

4.6. Razmjena informacija

Projektni BIM menadžeri određuju i opisuju procese razmjene informacija. Učinkovitost BIM procesa zavisi o suradnji svih sudionika projekta te je veća ukoliko se više informacija dijeli i razmjenjuje. Preporučena je stalna razmjena dokumenata i radnih modela.

Poželjna je izrada plana razmjene ključnih informacija po fazama projekta u kojem bi se definirao sadržaj modela, razine razvijenosti i format datoteke.

Svaki BIM projekt sadrži više formata datoteke koji ovise o BIM programskim alatima. Iako nije ključno, preporuča se definirati formate datoteka koje će koristiti sudionici pojedinih struka unutar svojih timova, a ključno je definirati formate datoteka za razmjenu informacija između različitih struka. [9]

Definiraju se različiti formati datoteka ovisno o željama investitora i mogućnostima sudionika projekta, a određuje ih BIM menadžer s odgovornim BIM koordinatorima.

Pri izboru formata razmjene preporučaju se sljedeća pravila:

- Način razmjene informacija treba biti što jednostavniji, dostatan da se obavi zadatak
- Izvoziti točno one informacije koje su potrebne (tablica ili dokument umjesto kompletnog modela)
- Razlika između jednosmjerne i dvosmjerne razmjene informacija u cilju optimalne suradnje. Dovoljan je format datoteke kao što je pdf ili slika ako sudionik samo čita informaciju.

Postoje izvorni formati BIM-a i nezavisni formati koji nisu vezani za BIM alat. Izvorni formati BIM alata se mogu mijenjati isključivo u izvornom BIM alatu. Prednost ovih formata je što se rad na modelu može nastaviti i nakon razmjene (zaprimanja) datoteke. Pogodni su za korištenje ukoliko svi sudionici projekta koriste kompatibilne ili iste alate. [8]

Izvorni formati BIM alata:

- RVT – format kojeg koristi Autodesk Revit
- PLN – Archicad format. BIM Server je baza podataka koja služi za višekorisnički rad na modelu. Pristup je omogućen preko internetske veze ili lokalne mreže.
- NDW (PRJ) – Allplan koristi NDW format (Nemetschek Drawing). Međutim, Allplan ne koristi jedan tip datoteke pošto je za potpunu funkcionalnost potreban cijeli projekt koji je smješten u PRJ mapi programa. Automatski se u pozadini mijenjaju samo one datoteke koje su se promijenile što olakšava komunikaciju između sudionika.

- DWG – Autodeskov format za AutoCad, ali danas ga mogu koristiti svi BIM alati. Ovaj format ne sadrži BIM informacije.

Preporuča se razmjena datoteka izvornim formatima BIM alata, u suprotnom lako može doći do gubitka informacija.

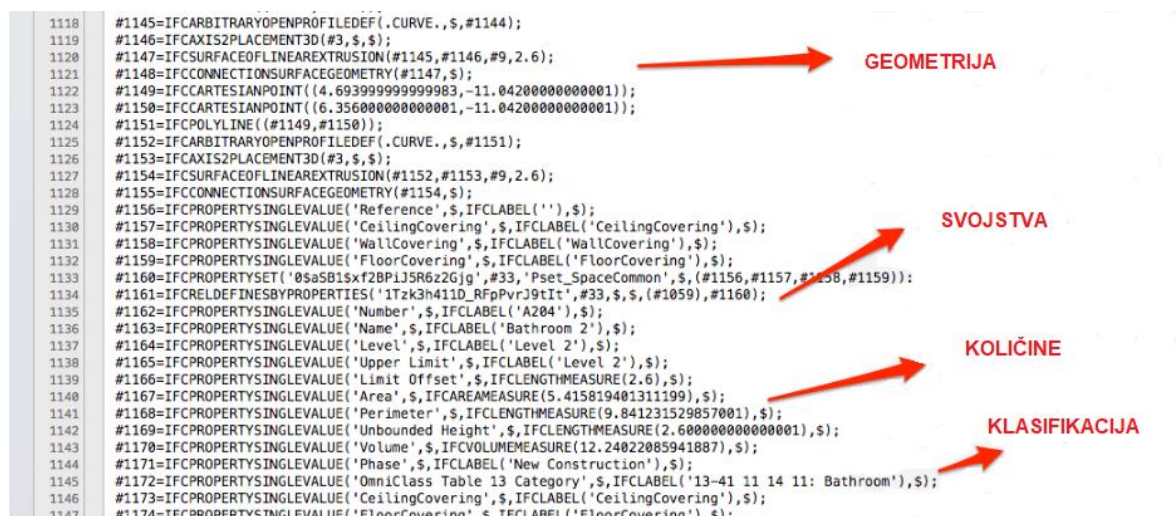
Neutralni formati datoteka nisu vezani za neki BIM alat ili određenu organizaciju, ali ih je dozvoljeno koristiti u BIM alatima. To su:

- IFC (eng. Industry Foundation Classes)

IFC je najčešće korišten nezavisni format razmjene BIM datoteka. Može sadržavati informacije o tipovima elemenata, materijalu, geometriji, hijerarhiji građevine, zonama i sustavima. Na temelju ovog formata nije moguće nastaviti rad na modelu, već služi samo za dobivanje informacija iz modela.

Prednosti: korištenje u raznim aplikacijama, proces nije ograničen na jednu platformu.

Nedostaci: Nakon izvoza više nije moguć rad na modelu, samo pregled geometrije i informacija. Na slici 24 prikazan je dio IFC datoteke. [8]



Slika 24. IFC format datoteke [37]

- COBie (eng: Construction Operation Building Information Exchange)

COBie je primjer nezavisnog formata koji sadržava brojčane i tekstualne prikaze. Na slici 25 je vidljivo da su podaci većinom formirani u tablice. Format sadrži podatke koji se dobivaju tokom procesa izgradnje. Za razliku od IFC formata, ovaj format omogućuje prikazivanje podataka bez BIM tehnologije.

CONTACT							
	Email	CreatedBy	CreatedOn	Category	Company	Phone	ExternalSystem
1							ExternalObject
2	jeffvi@tamu.edu	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	34-25 21 00 Architect	n/a	979-492-9644	Revit 2013
3	jeffvi221@gmail.com	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	31 11 00 Manufacturers	Texas A&M University	(999) 999-9999	Revit 2013
4	jivinsabina@gmail.com	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	34-31 11 Manufacturer	Texas A&M University	(999) 999-9999	Revit 2013
5	jeffvi@oate.com	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	34-65 11 11 Corporation	Texas A&M University	(999) 999-9999	Revit 2013
6							UID
7							
FACILITY							
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ProjectName	SiteName	LinearUnits
1							AreaUnits
2	Williams	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	11-16 21 11 00 Campus	FM Williams	Feet	VolumeUnits
3							CurrencyUnits
4							
FLOOR							
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier
1							Description
2	Erdgeschoss	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	Floor	Revit 2013	Floor	32VjwdGuHzb84xOEuqVod
3	Obergeschoss	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	Floor	Revit 2013	Floor	0242Krq4_LHgNhxTWWVh7u
4	Dach	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	Roof	Revit 2013	Floor	05wTwYdc1OkYK2S3hRjK
5							Elevation
6							Height
7							
SPACE							
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	FloorName	Description	
1							
2	EG-101	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-51 24 11 00: General Residential Space	Erdgeschoss	Lounge	
3	EG-201	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-51 24 11 00: General Residential Space	Erdgeschoss	Lounge	
4	EG-202	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-11 19 11 11: Kitchen	Erdgeschoss	Kitchen-Diner	
5	EG-204	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-85 31 11 00: Entry Vestibule	Erdgeschoss	Entrance	
6	EG-104	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-85 31 11 00: Entry Vestibule	Erdgeschoss	Entrance	
7	EG-102	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-11 19 11 11: Kitchen	Erdgeschoss	Kitchen-Diner	
8	OG1-108	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-85 11 11 00: Corridor	Obergeschoss	Hallway	
9	OG1-106	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-51 21 11 00: Bedroom	Obergeschoss	Office1	
10	OG1-205	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-51 21 11 00: Bedroom	Obergeschoss	Office2	
11	OG1-105	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-51 21 11 00: Bedroom	Obergeschoss	Office3	
12	OG1-206	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-51 21 11 00: Bedroom	Obergeschoss	Office4	
13	OG1-207	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-41 11 14 11: Bathroom	Obergeschoss	Bathroom	
14	OG1-107	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-41 11 14 11: Bathroom	Obergeschoss	Bathroom	
15	OG1-208	jeffvi@tamu.edu	2013-01-02T09:38:21	13-85 11 11 00: Corridor	Obergeschoss	Hallway	
16							

Slika 25. COBie tablica u Excelu [38]

5. PRIMJER PROJEKTA U BIM-u

U ovom dijelu rada BIM pristup je praktično obrađen kroz projekt osiguranja građevne jame TC Plodine u gradu Lovranu. Za izradu projektne dokumentacije korišten je program BIM tehnologije: Allplan 2018 tvrtke Nemetschek. U nastavku slijedi projektno rješenje sa grafičkim prilogima i vizualizacijama osigurane građevne jame.

5.1. Općenito o projektu

Na zahtjev investitora pristupilo se izradi građevinskog projekta osiguranja građevne jame u svrhu izrade građevine poslovne namjene – supermarketa Plodine koji će sadržavati trgovačke, uredske i ugostiteljske sadržaje na k.č. 518 k.o. Oprić u Lovranu. Smještaj katastarske čestice i pripadajućih susjednih čestica prikazan je na slici 26.



Slika 26. Prikaz katastarske čestice k.č. 518 k.o. Oprić [30]

Prilikom izrade ovog projekta korištene se podloge:

- 1) Geotehnički elaborat; Broj projekta: PR 17-060-0; Izrađivač: Geotech d.o.o., Moše Albaharija 10A, Hr51000 Rijeka; Građevina: Supermarket Plodine Lovran; Izradio: dr.sc.Mirko Grošić, mag.ing.aedif.; Mjesto i datum: Rijeka, lipanj, 2017.
- 2) Građevinski projekt - geotehnički dio / Glavni projekt; Broj projekta: PR 17-089-01; Izrađivač: Geotech d.o.o., Moše Albaharija 10A, Hr-51000 Rijeka; Građevina: Zgrada poslovne namjene – supermarket Plodine s trgovačkim, uredskim i ugostiteljskim sadržajima u Lovranu; Izradio: dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aedif.; Mjesto i datum: Rijeka, rujan, 2017.

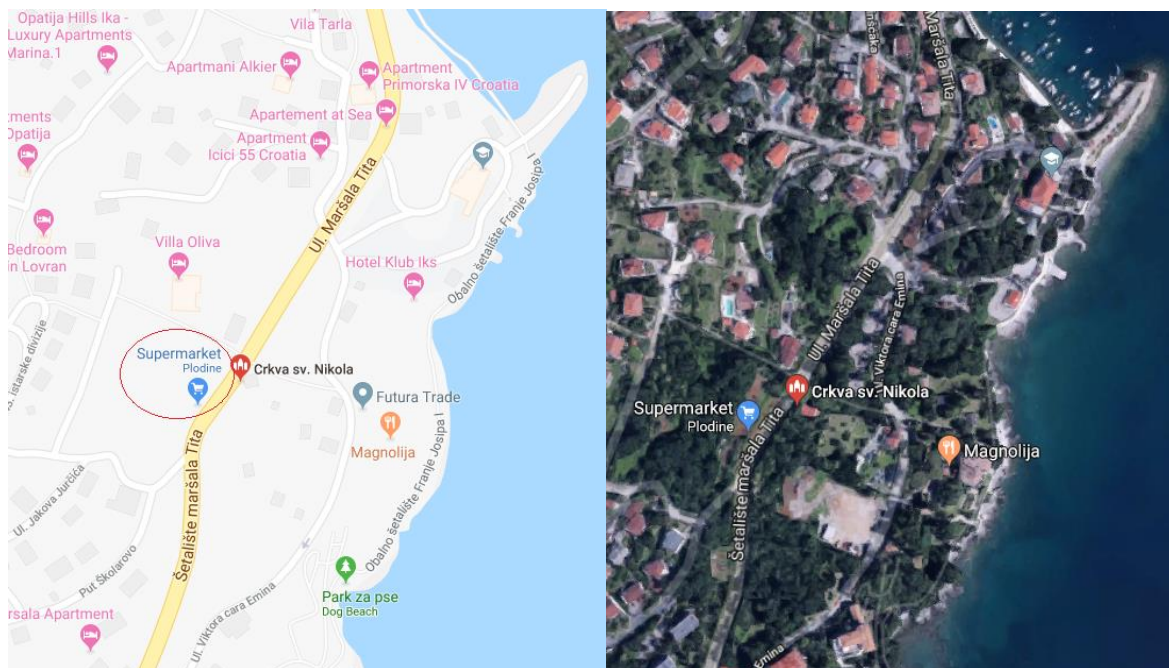
5.2. Opis lokacije zahvata

Lokacija zahvata osiguranja građevne jame nalazi se na sjevernom dijelu grada Lovrana. Preko puta lokacije zahvata nalazi se crkva sv. Nikole smještena na zapadnoj strani od Šetališta maršala Tita (slika 28). Na slici 27 je vidljiva karakteristična vegetacija područja – nisko raslinje koja prevladava na gotovo cijelom području k.č. 518 k.o. Oprić, dok se na dijelu katastarske čestice nalazi poljoprivredno polje. Nagib terena se kreće otprilike oko 10°. Na dijelu terena su smješteni suhozidi koji tvore terase.

Nadmorska visina terena se mijenja ovisno o položaju te iznosi između 23,0 – 34,0 m.n.m. Šetalište maršala Tita ima nadmorsku visinu od 34 m.n.m., dok sjeverni rub parcele ima nadmorsku visinu od 23 m.n.m. [24]



Slika 27. Prikaz na karakterističan krajolik te smještaj predmetne lokacije - nasuprot crkve sv. Nikole) [31]



Slika 28. Prikaz dijela grada Lovrana sa predmetnom lokacijom [31]

5.3. Opis zgrade poslovne namjene – supermarketa plodine

Supermarket „Plodine“ je zgrada poslovne namjene s trgovačkim, ugostiteljskim i uredskim pratećim sadržajima i smještena je u Lovranu u ulici Maršala Tita 2a na k.č. 518 k.o. Opić (slika 29). Građevina se nalazi na ulazu u Općinu Lovran oko 250 metara udaljena od klinike za ortopediju „Lovran“.

Tlocrtni oblik je pravokutnik s dodatnim izduženjem na jugozapadnom dijelu koji povećava etažu suterena (slika 33). Ukupna površina zemljišta, odnosno k.č. 518, iznosi 7577,0 m², a tlocrtna projekcija građevine 2840,0 m².

Katnost građevine je S + P + 1, a visina građevine od najniže kote uređenog terena iznosi 11 m (mjereno uz građevinu).

Konstruktivski sustav čine armiranobetonski stupovi i grede koji su različitih dimenzija. AB stupovi i grede nose armiranobetonske ploče, a oslanjaju se na temeljnu konstrukciju. [24]



Slika 29. Građevina poslovne namjene - supermarket plodine sa pripadajućom građevnom jamom u pozadini [33]

5.4. Geološke i geotehničke značajke lokacije

Informacije o geološkim i geotehničkim značajkama lokacije zahvata preuzete su iz Geotehničkog elaborata izrađenog od strane tvrtke Geotech d.o.o. sa sjedištem u Rijeci. Geotehnički elaborat je vođen pod brojem projekta: PR 17-060-01. Izrađivač geotehničkog elaborata je dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aediff., a elaborat je izrađen u lipnju 2017. godine u Rijeci.

Općina Lovran smještena je u Primorsko – goranskoj županiji te spada u zapadni, priobalni dio te županije. Na sjevernoj strani Lovran graniči sa Gradom Opatijom, na jugu sa Općinom Mošćenička Draga, zapadno od Općine Lovran počinje Istarska županija, a istočno je smješten Grad Rijeka. U Općinu Lovran spada 20,82 km² kopnene površine, dok površina akvatorija iznosi 27,76 km². Dakle, na kopnenu površinu Općine Lovran opada 42 % ukupne površine. Općina Lovran obuhvaća pet naselja: Lovran, Medveja, Liganj, Lovranska Draga i Tuliševica. Upravo je Lovran, gdje se nalazi lokacija zahvata, središte turističkih, ugostiteljskih, uredskih i kulturnih sadržaja. [24]

5.4.1. Pregled provedenih geotehničkih istraživanja i ispitivanja

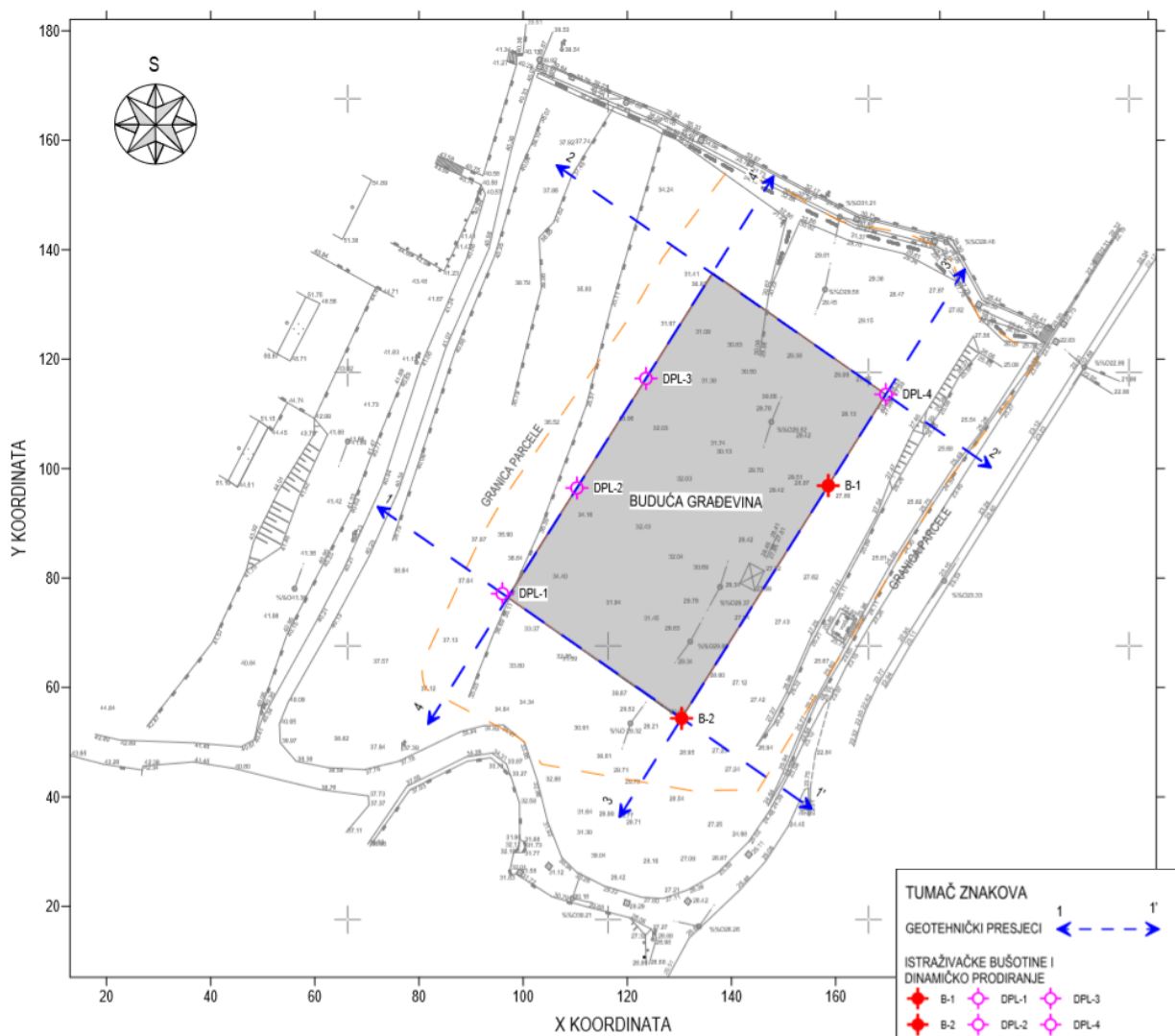
Geotehnička istraživanja i ispitivanja provedena su u lipnju 2017. od strane tvrtke Geotech d.o.o., Rijeka.

Inženjerskogeološki i geotehnički istražni radovi obuhvaćaju:

- Rotacijsko bušenje – ukupno 2 bušotine ukupne duljine 16 m (svaka po 8 m)
- Determinaciju bušaćih jezgri
- Inženjerskogeološko kartiranje
- Ispitivanje dinamičkim prodiranjem (DPL)
- Koleracija dobivenih podataka sa podacima prethodnih (već postojećih) istraživanja
- Obrada rezultata mjerenja dobivenih dinamičkim prodiranjem
- Laboratorijska ispitivanja uzoraka dobivenih iz bušotina

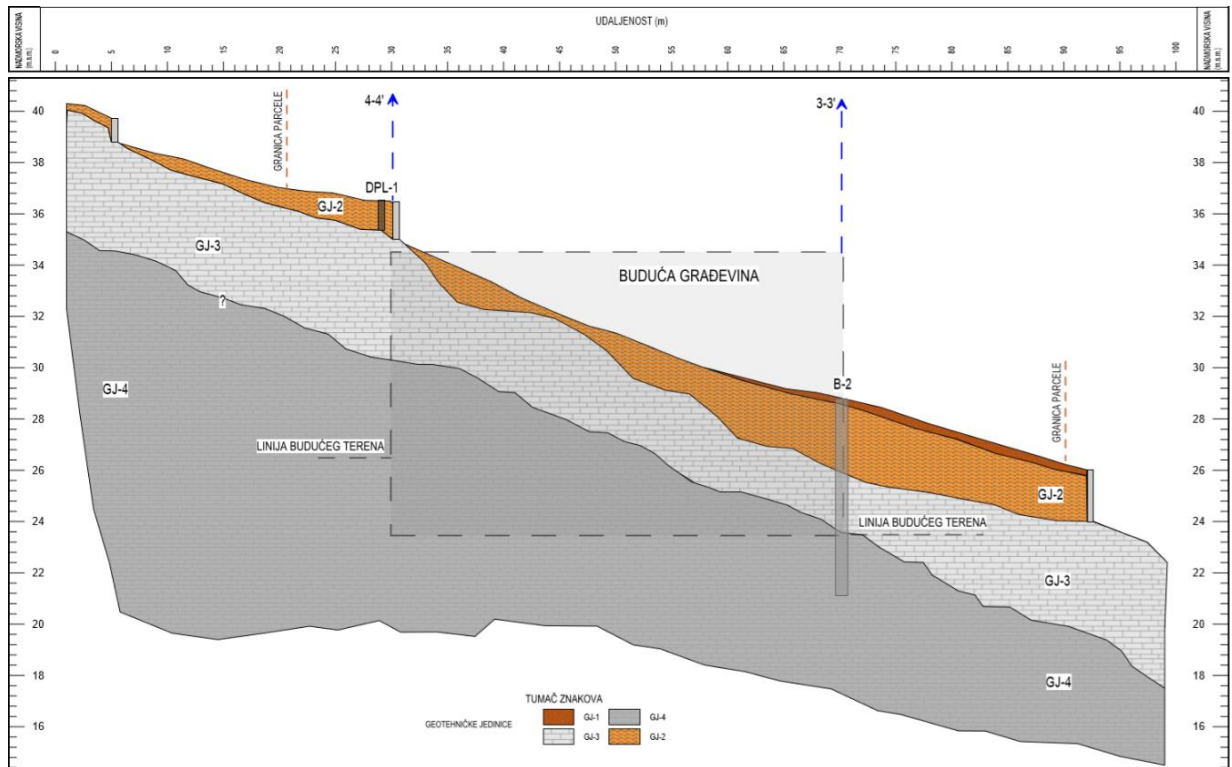
Pomoću istraživačkih bušotina utvrđene su geotehničke značajke temeljnog tla i lokacije. Iz ispitivanja dinamičkim prodiranjem utvrđena je konzistencija tla te parametri čvrstoće i deformabilnosti.

Iz geotehničkih istraživanja i ispitivanja dobivene su geotehničke i inženjerskogeološke značajke lokacije, utvrđene su litografske i geotehničke jedinice tla, parametri geotehničkih jedinica te je utvrđena konačni model sa geološkim profilima. Pregledna situacija s pozicijama istražnih radova vidljiva je na slici 30. Na slici je označena granica parcele – narančasta isprekidana linija, buduća građevina – siva ispuna, 4 geotehnička profila (plave isprekidane linije, 2 bušotine – crvena kružna oznaka i pozicije ispitivanja dinamičkim prodiranjem (ružičasta kružna oznaka).

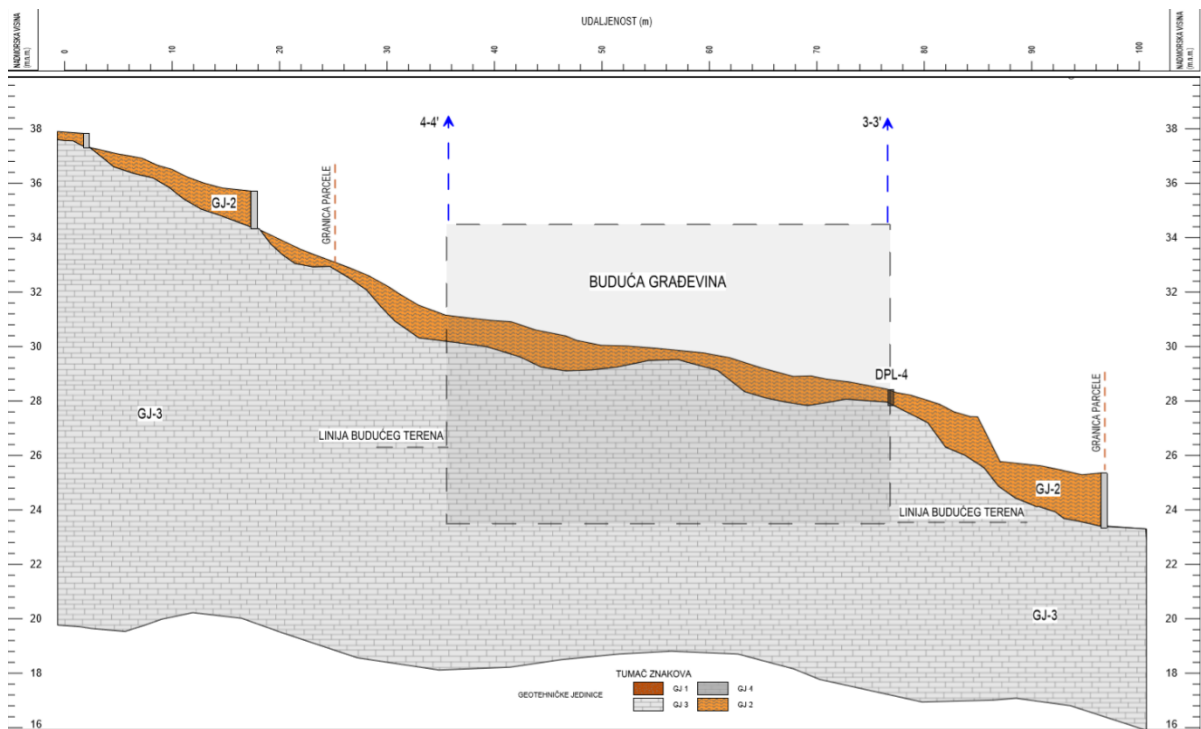


Slika 30. Situacija s pozicijama istraživačkih radova

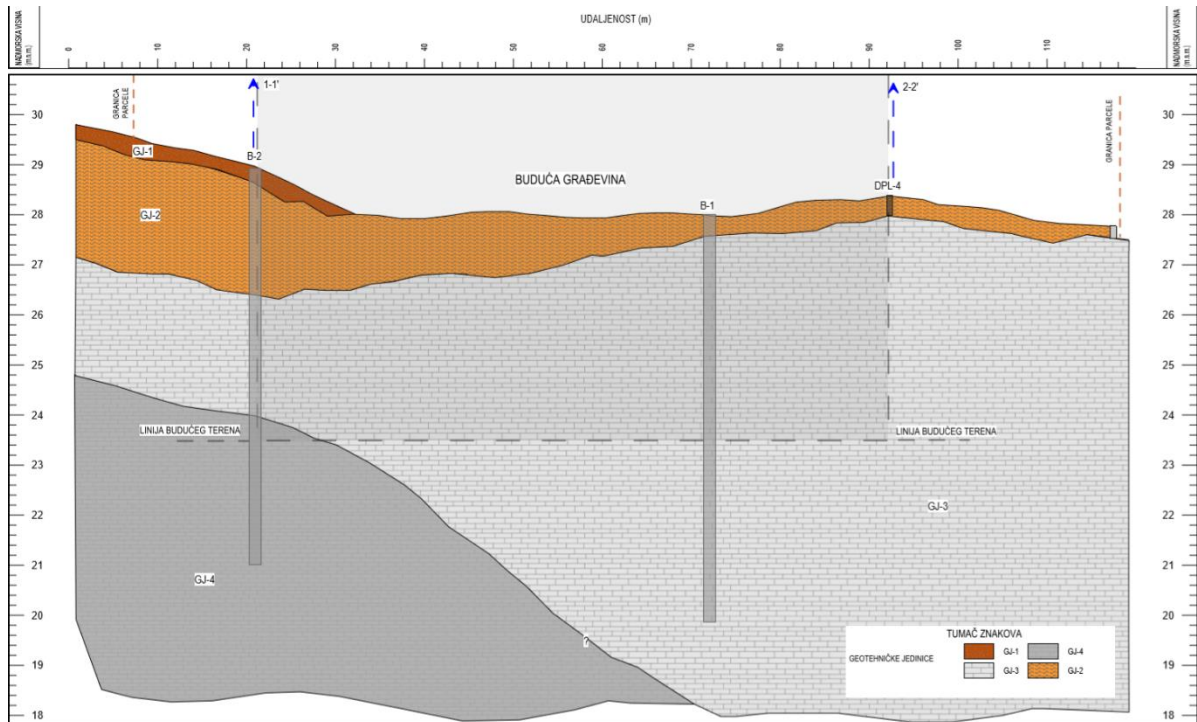
Slike 31, 32, 33 i 34 prikazuju 4 geotehnička presjeka sa označenim geotehničkim jedinicama, pozicijama bušotina (B-1 i B-2) i pozicijama ispitivanja dinamičkim prodiranjem (DPL-1, DPL-2, DPL-3 i DPL-4). Na presjecima je označena pozicija buduće građevine (TC Plodine) i linija budućeg terena.



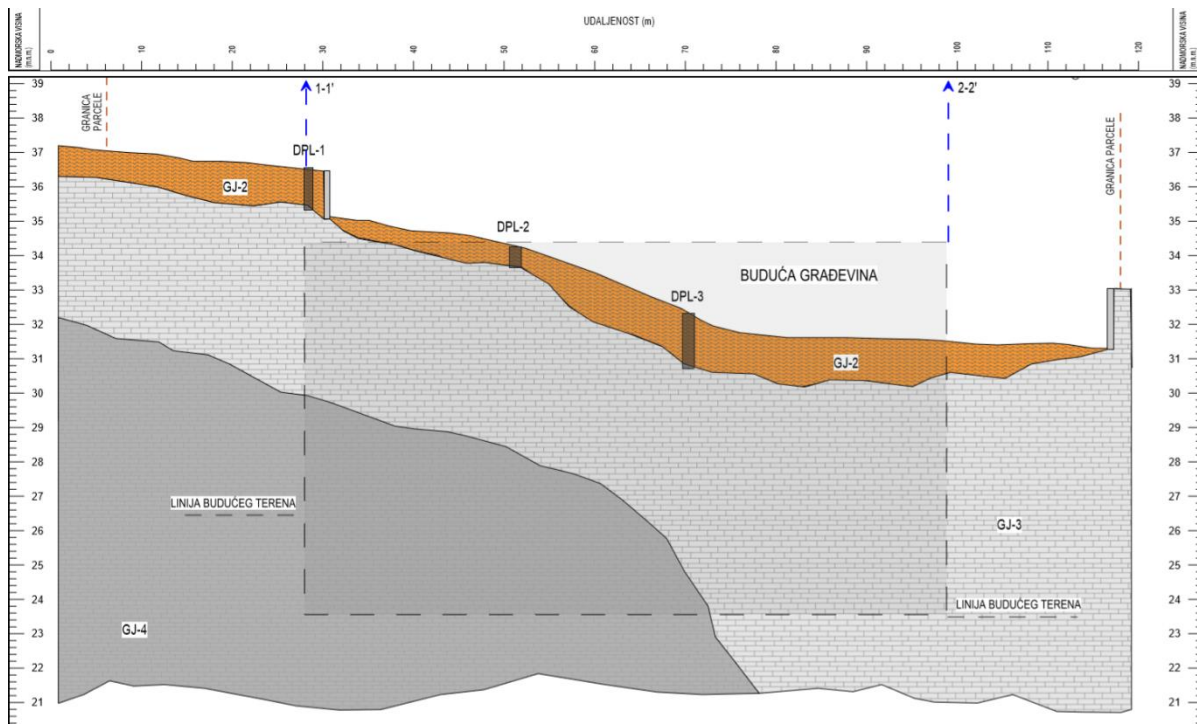
Slika 31. Geotehnički presjek 1-1



Slika 32. Geotehnički presjek 2-2

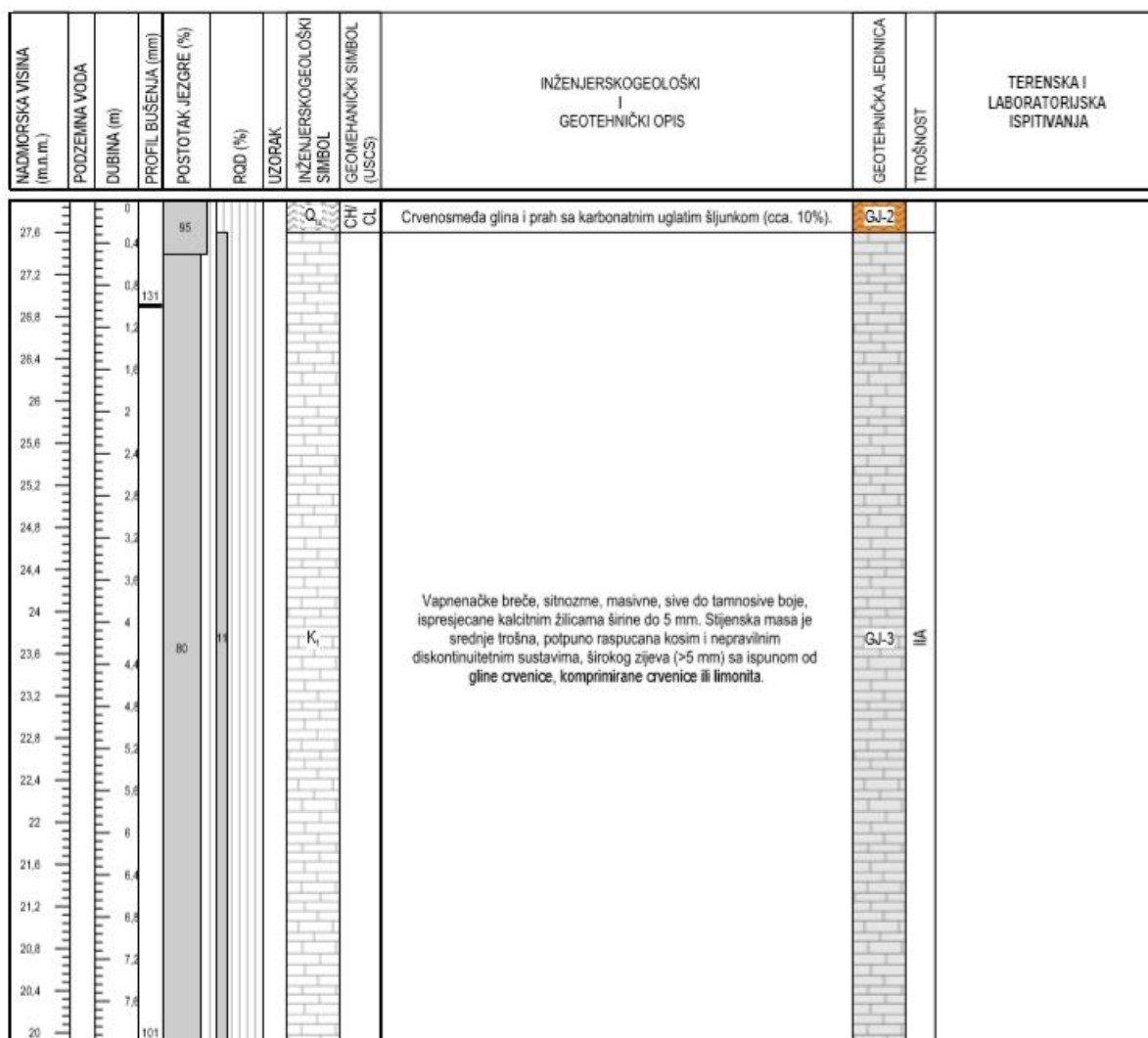


Slika 33. Geotehnički presjek 3-3



Slika 34. Geotehnički presjek 4-4

Slika 35. i 36. prikazuju geotehnički profil bušotine B-1 duljine 8 m.

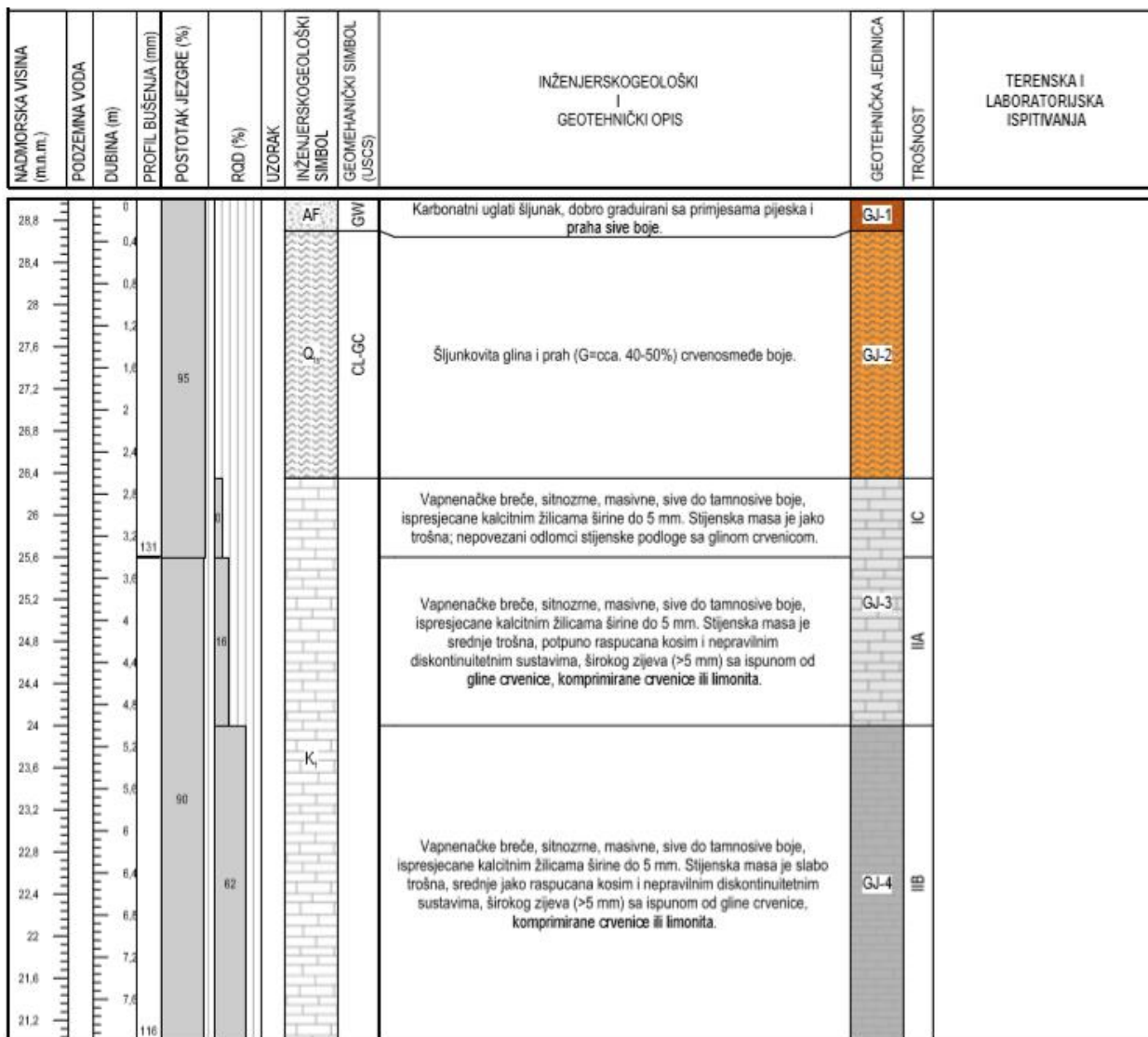


Slika 35. Geotehnički profil bušotine B-1



Slika 36. Fotodokumentacije bušotine B-1

Slika 37. i 38. prikazuju geotehnički profil bušotine B-2 duljine 8 m.



Slika 37. Geotehnički profil bušotine B-2

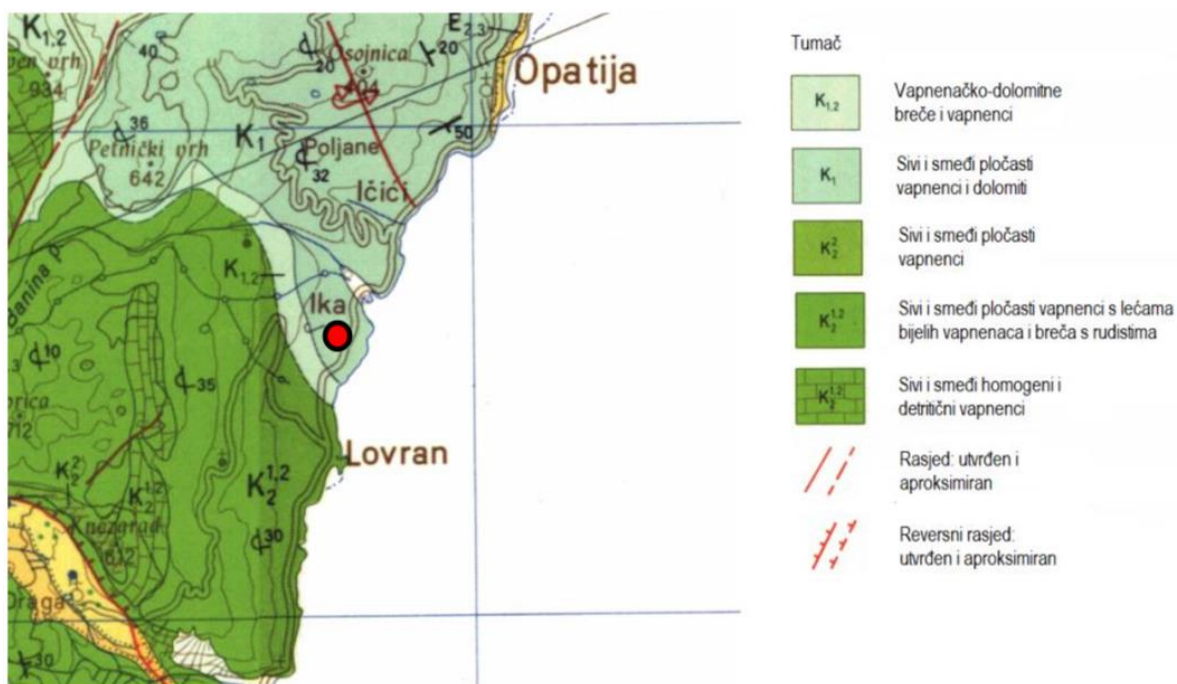


Slika 38. Fotodokumentacija bušotine B-2

5.4.2. Geološke značajke područja

Na području Općine Lovran, na kopnenom području i pripadajućem podmorju, nalaze se sedimentne naslage koje pripadaju kredi, paleogenu i kvartaru. Naslage sedimentnog tipa nastale su pod utjecajem tektogeneze koja se pojavljuje na tom području. Naime, ako pogledamo šire područje oko Općine Lovran, ono spada pod geodinamsku jedinicu Adrijatik. Sa sjeveroistočne strane Adrijatik nalazi se jedinica Dinarik te na zapadnoj strani jedinica Istra. Analizom tektonskog odnosa navedenih jedinica dolazi do sljedećeg: na Adrijatik se navlači Dinarik te se Adrijatik navlači na Istru. Upravo podvlačenje Adrijatika pod Dinarik je u direktnoj vezi sa tektogenezom tog područja. Kao posljedica spomenute tektogeneze dolazi do reversnih struktura i naslaga koje su posljedica boranja sedimentnih naslaga (krednih i paleogenskih). Unutar Adrijatik se nalaze navlačne strukture i bore. Na površini se granice između tih navlačnih struktura vide kao rasjedi i strme planine. Također, na dodiru flišnih i karbonatnih naslaga se vide reversni rasjedi.

Slika 39. prikazuje tumač vrsta naslaga na predmetnog lokaciji te oznake rasjeda.



Slika 39. Osnovna geološka karta – list Labin [20]

Osnovna geološka karta sastoji se od 74 lista, područje zahvata spada pod list Labin. Prema informacijama iz Osnovne geološke karte područje zahvata smješteno u Lovranu se nalazi na mjestu navlačne strukture Učka - Čićarija. Ta struktura je smještena na potezu od Plominskog zaljeva do uvale Preluka. Plominski zaljev je na dodiru s tektonskom jedinicom Labin – Unije, dok uvala Preluk graniči s jedinicom Rijeka – Krk. [20]

Naslage donje krede (K1) sastoje se od vapnenaca (smeđih i sivih pločastih, bituminozni te debeloslojeviti) i dolomita (krupnokristalasti i sivi) kod kojih je slojevitost slabo izražena. Kalcitično – dolomitne breče raspoređene vertikalno unutar njih. Upravo naslage donje krede raspoređene na način objašnjen u ovom odlomku su raspoređene između Lovrana i Ike na obalnom pojasu. Prijelaz između donje i gornje krede označavaju prijelazne kredne naslage pod oznakom $K_{1,2}$. Prijelazne kredne naslage su većinom kalcitično - dolomitične breče koje su dolomitnog i vapnenačkog podrijetla te se sastoje od kalcitnog veziva. Smještene su sjeverno od Lovrana. Oznaka $K_2^{1,2}$ predstavlja naslage gornje krede koja obilježava periode cenomana do turona. Radi se o sivim i smeđim vapnencima koji prelaze u dolomite sive boje, kristalinične vapnence i breče sve do detritičnih pločastih vapnenaca. Ovakve naslage gornje krede zauzimaju najveći dio Općine Lovran. Krševiti Učkin masiv se uzdiže iznad mora te radi oštri greben koji opada prema Plominskom zaljevu. [26]

Na području Općine Lovran imamo raznolik litološki sastav i genezu u naslagama kvartarne starosti. Naslage kvartarnog sastava:

- Deluvijalni nanos
- Crvenica
- Aktivni sipar
- Marinski sedimenti
- Potočni nanos

Crvenica se karakterizira kao pokrivač karbonatnih naslaga (najviše na vapnencima). Sastav crvenice je glinovito – prašinasti, a boja je smeđe – crvena. Na drugačijim lokacijama naslage koje se nazivaju crvenicom nemaju istu pedogenezu. Crvenica smještena na padinama i uzvišenjima sadrži odlomke stjenovite podloge. Odlomci su centimetarskih veličina te poluuglastih oblika. Oko Lovrana crvenica je većinom rasprostranjena na priobalnim padinama, dok je na višim dijelovima smještena u depresijama. Debljina naslaga varira, te su tanke debljine na uzvišenjima, a debljine od više metara dosežu u ponikvama.

Područje zahvata sastavljeno je od vapnenačkih breča donje krede što je utvrđeno provedenim istraživanjima i korelacijom sa drugim provedenim istraživanjima toga područja. [26]

5.4.3. Geomorfološke značajke lokacije zahvata

Građevina poslovne namjene smještena je na terenu prirodno blagog nagiba do otprilike 10°. Na dijelu terena su se nalazili suhozidi koji su tvorili terase. Na jugoistočnom dijelu se nalazilo polje za poljoprivrednu namjenu dok je na ostatku terena nisko drveće i raslinje. Na površini su pronađeni izdanci vapnenačkih breča što govori o tome da je na lokaciji zahvata prisutan autohtoni pokrivač.

U nastavku ovog podpoglavlja obrađen je sadržaj naslaga autohtonog pokrivača. Dominantni dio čine stijene karbonatnog kompleksa te su one posebno prisutne na kopnenom dijelu. Između stijena karbonatnog kompleksa nalaze se pojasevi fliša koji su izrazito uski. Tri su osnovna litološka tipa koji spadaju pod osnovnu stijensku masu.

To su:

- Dolomiti
- Vapnenci
- Vapnenci i dolomiti u izmjeni
- Dolomitične i kalcitične breče

Kada promatramo karbonatne naslage prisutne na području Općine Lovran i na samoj lokaciji zahvata s pogleda stratigrafije¹⁰, radi se o stijenama koje su nastale u vremenu gornje i donje krede te u paleogenu. S aspekta inženjersko – geološke klasifikacije svi litološki tipovi spadaju pod očvrsele sedimentne stijene. Skupine dolomita i vapnenaca spadaju pod kristalasto – zrnatu podgrupu sedimentnih stijena. Breče spadaju pod cementirano klastičnu podgrupu sedimentnih stijena. [26]

Ustanovljene su razlike u pogledu fizičko – mehaničkih značajki kod stijenske mase na relativni malim udaljenostima. Litološki sastav nije razlog tome, već uzrok leži u vrsti strukturnog sklopa. Pod time se misli na oštećenost kao posljedicu tektonike i okršenost stijenske mase.

¹⁰ Stratigrafija – grana geologije koja se bavi proučavanjem sedimentnih stijena; postankom i kronologijom u cilju boljeg razumijevanja bioloških, kemijskih i fizičkim promjena koje su se dešavale na Zemlji u geološkoj prošlosti. Isto tako, bavi se i eruptivnim i metamorfnim vrstama stijena, odnosno svim vrstama stijena koje su na Zemljinoj površini. (<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=58341>)

Karakteristika karbonatnog sustava je ogoljenost te su često velike površine sa karbonatnim sastavom bez pokrivača. Ovo se osobito susreće na otocima i na obalnom dijelu. Najčešća vrsta pokrivača je crvenica. Tip poroziteta vrsta stijena karbonatnog sastava je pukotinsko – disolucijski (kavernozni). Posljedica ove litološke građe je razlika u vodopropusnosti i stupanj okršenosti i raspucalosti. Unatoč tim posljedicama, karakteristika ovakve vrste terena je velika upojnost i mali koeficijent otjecanja. Erozijska terena je izrazito mala iz razloga jer je krška hidrografija gotovo bezvodna te s nedostatkom površinskim tokova. Ovakvi tereni imaju malu deformabilnost te je ona još slabija gdje je prisutna crvenica ili neka druga litogenetska kvartarna tvorevina. Padine koje imaju naslage karbonatnog sastava imaju dobru stabilnost, osim ako sadrže aktivne sipare. Općenito, kod geotehničkih zahvata karbonatni kompleksi imaju najbolju ocjenu što se tiče izvođenja pošto ih karakterizira povoljna stabilnost kod zasijecanja i kod prirodnih uvjeta. Također, zbog dobre nosivosti i male deformabilnosti u slučaju dodatnog opterećenja karbonatni kompleksi povoljni su i za temeljenje.

Za razliku od ogoljelih dijelova, dijelovi terena gdje je prisutan pokrivač (osobito crvenica) na stijenama karbonatnog kompleksa okarakterizirani su slabijim geotehničkim značajkama. To se odnosi samo ako se radi o većim debljinama naslaga koje su nezanemarive tokom zahvata.

Lokacija zahvata zastupljena je terenom koji sadrži stijene karbonatnog kompleksa sa crvenicom promjenjive debljine te pokrivačem od nabačaja koji nije zastupljen na svim dijelovima. Bitniji geomorfološki procesi na ovom području su lokalna erozija pokrivača i okršavanje stijenske podloge. [24]

5.4.4. Hidrogeološke značajke lokacije zahvata

Kraška područja pa tako i područje lokacije zahvata (Općina Lovran), okarakterizirana su sa nepostojanjem površinskih vodotokova.

Na predmetnog lokaciji zastupljena je osnovna stijenska masa karbonatnog kompleksa vapnenačkih breča iz donje krede sa prekrivačem od nabačaja i crvenice. S hidrogeološkog aspekta s obzirom na predmetne naslage radi se o hrvatskom kršu koji pripada dijelu jugozapadne Hrvatske. Područje je karakterizirano sa određenom gustoćom, pukotinskom poroznošću te rasporedu pukotina koje utječu na hidrodinamiku podzemne vode.

Ovisno o granulometrijskom sastavu varira vodopropusnost. Pokrivač (crvenica i nabačaj) ima primarni (međuzrnski) tip poroznosti. Naslage crvenice su glinovitog sastava te zbog toga ima slabu vodopropusnost i upojnost. Upravo crvenica zbog svog glinovitog sastava utječe na otjecanje oborinskih voda, odnosno usporava prodiranje u podzemlje. S druge strane, naslage nabačaja zatečene na predmetnog lokaciji su malih debljina te zbog toga nemaju ulogu na otjecanje podzemnih i površinskih voda.

Osnovna stijenska masa vapnenačkih breča ima ocjenu dobre vodopropusnosti. Velika vodopropusnost posljedica je utjecaja tektonike i posljedica njenih deformacija, litoloških svojstva, položaja te stupnja okršenosti. Ukoliko se u pukotinama stijenske mase zadrži crvenica ili se nalaze nepropusni prirodni slojevi, stvara se barijera gdje se uzduž nje zadržava voda ili događa efekt ispiranja.

Na lokaciji zahvata i širem području prisutne su vrtače i škrape koje su karakteristika krškog reljefa. Kretanje podzemne vode kroz takve strukture je u vertikalnom smjeru kroz diskontinuitete te kroz naslage pokrivača koje su većinom slabo propusne. Hidrogeološka barijera su deblje naslage crvenice.

Kako je kretanje podzemne vode i sama njena pojava nepredvidiva, za svaku lokaciju zahvata bilo bi dobro izvršiti detaljno hidrogeološko kartiranje koje nije izvršeno za potrebe ovog projekta. Izvršeno je inženjerskogeološko kartiranje gdje je utvrđeno da nema podzemne vode na lokaciji zahvata. Međutim, izvori podzemne vode prisutni su na širem području, točnije, uz morsku obalu. Postoji mogućnost zadržavanja oborinskih voda na površini tla koja su kratkotrajna i lokalna. [24]

5.4.5. Inženjerskogeološke značajke lokacije zahvata

Na temelju provedenih istraživačkih radova i korelacijom s postojećim podacima iz već provedenih istraživačkih radova dobivaju se inženjerskogeološke značajke područja. Kao što je navedeno u podpoglavlju 4.3.2., na lokaciji su utvrđene tri litostratigrafske jedinice. Radi se o:

1. Lokalno tankom nabačaju (AF)
2. Pokrivaču od crvenice (Q_{ts})
3. Vapnenačkoj breči iz razdoblje donje krede (K_1)

Ove tri litostratigrafske jedinice detaljnije su razrađene u tablici 5.

Tablica 5. Litostratigrafske jedinice prisutne na lokaciji zahvata [24]

POKRIVAČ	NABAČAJ	AF	Inženjersko tlo:krupnozrnati nevezani sedimenti
	CRVENICA	Q_{ts}	Inženjersko tlo:koherentni sitnozrnati sedimenti sa krupnozrnatim primjesama
OSNOVNA STIJENA	VAPNENAČKE BREČE	K_1	Jako do slabo trošna stijena: potpuno do srednje jako raspucane, blokovito – poremećene do vrlo blokovite vapnenačke breče

Detaljniji opis litostratigrafskih jedinica tla zatečenih na predmetnoj lokaciji:

1. NABAČAJ (AF)

Na temelju provedenih istraživačkih radova dobivaju se sastav i značajke nabačaja. Nabačaj je lociran na južnom dijelu parcele (k.č. 518 k.o. Oprić) gdje se koristio kod izvedbe novih i proširivanja postojećih puteva. Na temelju bušotine B-2 utvrđuje se debljina sloja nabačaja koja iznosi 0,3 m.

Sastav je definiran kao uglati, karbonatni i dobro građuiran šljunak. Prisutne su i primjese praha i pijeska sive boje. Prilikom pregleda šire okoline terena, u sastavu su utvrđeni i karbonatni odlomci i blokovi. [24]

2. CRVENICA (Q_{ts})

Vrsta tla građena od čestica $< 0,04$ mm, sadrži okside i hidrokside željeza, mineralne gline s velikim postotkom aluminijske, kremen i manji udjeli drugih minerala. Boja crvenice potječe od hidroksida i oksida željeza. Nalazi se pretežno u krškim predjelima. Kako krške predjele obilježavaju karbonatne stijene, nastaje od otapanja tih stijena te od netopivog ostatka zapunjava ponikve i škrape te se na taj način zadržava. [25]

Na temelju istraživačkih radova provedenih u svrhu ovog projekta, dobivaju se sastav i značajke crvenice zatečene na predmetnoj lokaciji. Crvenica je na lokaciji zahvata prisutna kao nekontinuirani pokrivač koji se nalazi iznad stijenske podloge te ispunjava pukotine stijenske mase i ostale krške pojave. Radi se o autohtonom pokrivaču koji je nastao trošenjem stijenske mase.

Može se okarakterizirati kao homogena crvenica jer je prisutna u naslagama koje su nastale kao nagli prijelaz iz trošne podloge do sapropelita¹¹ i u konačnici do rezidualnog tla. Njen sastav je prah i šljunkovita glina te sve do glinovito – prahovitog šljunka ($G \approx 40-50\%$) te je crvenosmeđe boje.

Na lokaciji je utvrđena debljina naslage crvenice iz bušotine B-1 od 0,30 m do 2,35 m iz bušotine B-2.

Na temelju dobivenih rezultata iz ispitivanja dinamičkim prodiranjem (DPL) određena je relativna konzistencija kao srednja do vrlo kruta. [24]

3. VAPNENAČKE BREČE (K_1)

Vapnenačke breče iz razdoblja donje krede čine sastavni dio osnovne stijenske mase koja se nalazi ispod podloge pokrivača i isto tako na površini terena. Na lokaciji zahvata nalazimo tek male gromadaste izdanke vapnenačke breče što ukazuje na to da je autohtoni pokrivač prisutan u tankim naslagama. Mogu se prepoznati vapnenačke breče po sivoj do tamnosivoj boji te sadrže uglata i nepravilna vapnenačka zrna koja su reda veličine srednjezrnatog šljunka i oblutaka. Vapnenačka zrna su povezana tamnosivim ili sivim karbonatnim vezivom. Na stijenskoj masi nalaze se sustavi diskontinuiteta koji su kosi i nepravilni te tvore srednje do potpuno raspucanu stijensku masu. U pukotinama na stijenskoj masu nalaze se kalcitne žilice koje su široke do 5 mm.

Karakteristike zatečenih diskontinuiteta su: razmak od 0,3 m, zijev koji je većinom >5 mm, ispunjena koju čini glina, crvenica ili limonit¹².

U širem području prevladava srednje – slabo trošna (IIA/IIB) te na području zahvata i do jako trošna stijenska masa (zona IC). Stupanj trošnosti zaključuje se na temelju bušotine B-2 od 2,65 m do 3,4 m. Zone stijenske mase utvrđuju se prema Deere & Pattonu, 1971 te se dijele na:

1. Slabo trošnu (IIB)
2. Srednje trošnu (IIA)
3. Jako trošnu (IC)

Na mjestima dezintegriranih zona uz zasjeke se utvrđuje srednje trošna stijena.

¹¹ Sapropeliti – sitnozrnate, po građi masivne, po sastavu homogene ugljene naslage [32]

¹² Limonit – željezna ruda koja se sastoji od minerala lepidokrokita, hidrohematita i getita. Svi spomenuti minerali nastaju raspadanjem primarnih minerala u oksidacijskim uvjetima. Primarni minerali su magnetit, siderit i pirit. Boja limonita je žuta, crvenkasta ili smeđa. Limonit žute boje zove se oker te se upotrebljava u fresko-slikarstvu. [32]

Također, iz provedenih istraživanja zaključuje se da se stijenska masa nalazi na dubini 0,3 – 2,65 m ispod pokrivača. Nagib terena je nagnut prema jugoistoku parcele te stijenska podloga prati prirodni nagib terena zbog relativno tankog pokrivača. Krške pojave u obliku kaverni, škrapa i vrtača prisutne su na širem području što je utvrđeno prema dostupnim podacima istraživanja šireg područja. Međutim, ispitivanjem i istraživanjem predmetne lokacije nisu utvrđene. [24]

Vapnenačke breče s obzirom na stupanj cementacije pripadaju čvrstim karbonatnim stijenama sedimentnog podrijetla. [10]

Jednoosna tlačna čvrstoća intaktne stijenske mase je procijenjena terenskom procjenom na 50,0 – 100,0 MPa.

Vrijednost m_i (materijalne konstante) je između 8 i 12. [17]

U tablici 6 prema Hoeku i Marinosu iz opisa strukture i litologije stijenske mase odabire se prosječna vrijednost GSI-a.

Tablica 6. Određivanje vrijednosti GSI za vapnenačku breču na predmetnoj lokaciji [17]

GSI ZA RASPUCALE STIJENE (Marinos i Hoek, 2000)						GSI ZA RASPUCALE STIJENE (Marinos i Hoek, 2000)					
IZ OPISA LITOLOGIJ I STRUKTURE STIJENSKE MASE TE STANJA POVRŠINE DISKONTINUITETA POTREBNO JE ODABRATI PROSJEČNU VRIJEDNOST GSI. Pri tome nije značajno biti previše točan. Procjena vrijednosti između 33 i 37 je realnija od točne vrijednosti GSI=35. Za napomenuiti je da tabela nije primjenjiva za strukturno kontrolirane slomove. Gdje su prisutni nepovoljno orijentirani diskontinuiteti s obzirom na smjer iskopa, isti prevladavaju ponašanje stijenske mase. Čvrstoca stijenske mase može biti smanjena prisustvom podzemne vode i to mora biti uzeto u obzir pomakom u desno od povoljnih do vrlo loših uvjeta stijenske mase. Pomi tlak ne mijenja vrijednosti GSI i utječe korištenjem efektivnih naprezanja u geostatičkim analizama.		POVRŠINSKI UVJETI		SMANJENJE KVALITETE POVRŠINA		IZ OPISA LITOLOGIJ I STRUKTURE STIJENSKE MASE TE STANJA POVRŠINE DISKONTINUITETA POTREBNO JE ODABRATI PROSJEČNU VRIJEDNOST GSI. Pri tome nije značajno biti previše točan. Procjena vrijednosti između 33 i 37 je realnija od točne vrijednosti GSI=35. Za napomenuiti je da tabela nije primjenjiva za strukturno kontrolirane slomove. Gdje su prisutni nepovoljno orijentirani diskontinuiteti s obzirom na smjer iskopa, isti prevladavaju ponašanje stijenske mase. Čvrstoca stijenske mase može biti smanjena prisustvom podzemne vode i to mora biti uzeto u obzir pomakom u desno od povoljnih do vrlo loših uvjeta stijenske mase. Pomi tlak ne mijenja vrijednosti GSI i utječe korištenjem efektivnih naprezanja u geostatičkim analizama.		POVRŠINSKI UVJETI		SMANJENJE KVALITETE POVRŠINA	
STRUKTURA		VRLO DOBRO - Vrlo hrapave svjež, nerastrošene površine		DOBRO - Hrapave, lagano rastružene metalna boja površina		STRUKTURA		VRLO DOBRO - Vrlo hrapave svjež, nerastrošene površine		DOBRO - Hrapave, lagano rastružene metalna boja površina	
SMANJENJE UKLJEŠTENOSTI KOMADA STIJENE		POVOLJNO - Glatke, srednje rastružene i promijenjene površine		LOŠE - Ispucane, jako oštećene površine sa zbijenom naslagom ili ispunom koja sadrži uglaste fragmente stijene		SMANJENJE UKLJEŠTENOSTI KOMADA STIJENE		POVOLJNO - Glatke, srednje rastružene i promijenjene površine		LOŠE - Ispucane, jako oštećene površine sa zbijenom naslagom ili ispunom koja sadrži uglaste fragmente stijene	
VRLO LOŠE - Ispucane, jako oštećene površine sa slojem ili ispunom od mekane gline		VRLO DOBRO - Vrlo hrapave svjež, nerastrošene površine		DOBRO - Hrapave, lagano rastružene metalna boja površina		VRLO DOBRO - Vrlo hrapave svjež, nerastrošene površine		DOBRO - Hrapave, lagano rastružene metalna boja površina		VRLO DOBRO - Vrlo hrapave svjež, nerastrošene površine	
INTAKTNA ILI MASIVNA - intaktni komadi stijene ili masivna stijena in situ sa široko razmaknutim diskontinuitetima		90		N/P		INTAKTNA ILI MASIVNA - intaktni komadi stijene ili masivna stijena in situ sa široko razmaknutim diskontinuitetima		90		N/P	
BLOKOVI - vrlo dobro uklještena i neporemećena stijenska masa s kubnim blokovima formiranim s 3 ortogonalna diskontinuiteta		80		N/P		BLOKOVI - vrlo dobro uklještena i neporemećena stijenska masa s kubnim blokovima formiranim s 3 ortogonalna diskontinuiteta		80		N/P	
UGLAVNOM BLOKOVI - uklješteno, djelomično poremećena stijenska masa s višeplošnim uglatim blokovima formiranim s 4 ili više diskontinuiteta		70		N/P		UGLAVNOM BLOKOVI - uklješteno, djelomično poremećena stijenska masa s višeplošnim uglatim blokovima formiranim s 4 ili više diskontinuiteta		70		N/P	
BLOKOVI/POREMEĆENO/SLOJEVITO - naborano s rasjedima te ispresjecano s mnogo diskontinuiteta koji formiraju uglate blokove. Prisutnost ploha slojevitosti ili škrljavosti		60		N/P		BLOKOVI/POREMEĆENO/SLOJEVITO - naborano s rasjedima te ispresjecano s mnogo diskontinuiteta koji formiraju uglate blokove. Prisutnost ploha slojevitosti ili škrljavosti		60		N/P	
ZDROBLJENO - loše uklinjena, jako zdrobljena stijenska masa s mješavinom uglatih i zaobljenih blokova		50		N/P		ZDROBLJENO - loše uklinjena, jako zdrobljena stijenska masa s mješavinom uglatih i zaobljenih blokova		50		N/P	
LAMINIRANO/SMICANO - nedostatak blokovitosti zbog malog razmaka ploha škrljavosti ili smicucih ploha		40		N/P		LAMINIRANO/SMICANO - nedostatak blokovitosti zbog malog razmaka ploha škrljavosti ili smicucih ploha		40		N/P	
		30		N/P				30		N/P	

Iz bušotine B-2 na 2,65 m do 3,40 m utvrđuje se lokalno postojanje jako trošne stijenske mase (IC). Zbog svog ograničenog prostiranja na predmetnoj lokaciji nisu zasebno utvrđeni njeni geotehnički i inženjerskogeološki parametri već su isti objedinjeni sa stijenskom masom srednje trošnosti (IIA). Jako trošna stijenska masa se sastoji od nepovezanih odlomaka stijene ispunjenim glinom crvenicom.

Prosječna procijenjena vrijednost GSI srednje trošne stijenske mase (IIA) je između 25 i 40 te je okarakterizirana kao blokovito-poremećene (B/D) vapnenačke breče u potpunosti raspucane s prisutnošću vrlo malih blokova. RQD za ovu stijensku masu iznosi 0-16 % te služi kao ocjena kvalitete stijenske mase. Karakteristike diskontinuiteta su sljedeće: razmak diskontinuiteta je vrlo mali te sadrži ispunu crvenice, limonita ili gline crvenice, smjer i pružanje je koso i nepravilno te je prisutan otvoreni zijev ($>5,0$ mm). Na lokaciji zahvata na predmetnoj parceli ovakvi diskontinuiteti se nalaze u površinskom horizontu srednje trošne stijenske mase kojoj je određena debljina 1,6 m na jugozapadnom dijelu parcele (bušotina B-2; 2,65 m-5,00 m) te $> 7,7$ m na sjeveroistočnom dijelu parcele (bušotina B-1; 0,3- $>8,0$ m).

Prosječna procijenjena vrijednost GSI slabo trošne stijenske mase (IIB) je 35-55 te se radi o vapnenačkoj breči koja je vrlo blokovita (VB). RQD za ovu stijensku masu iznosi 62% te je služi kao ocjena kvalitete stijenske mase. Karakteristike diskontinuiteta su sljedeće: razmak diskontinuiteta je 0,1-0,3 m, hrapav te sadrži ispunu od limonita ili komprimirane crvenice. Na lokaciji zahvata na predmetnoj parceli ovakvi diskontinuiteti se nalaze ispod horizonta stijenske mase srednje trošnosti (IIA) pri dubinama na 5,0 m na jugozapadnom dijelu parcele do $>8,0$ m na sjeveroistočnom dijelu parcele. Iz istraživačkih radova je zaključeno da kontakt slabe i srednje trošne stijenske mase opada prema sjeveroistoku - istoku parcele. [24]

5.4.6. Geotehničke značajke zahvata lokacije

Na predmetnoj lokaciji je geotehničkim istražnim radovima ustanovljen sastav geotehničkog profila. Sastoji se od četiri geotehničke jedinice:

1. Pokrivač od nabačaja (AF)
2. Crvenica (Q_{ts})
3. Podloga sastavljena od vapnenačkih breča iz donje krede; slabe, srednje do jake trošnosti (K_1)

Zbog svog ograničenog prostiranja na predmetnoj lokaciji za jako trošnu stijensku masu nisu zasebno utvrđeni njeni geotehnički i inženjerskogeološki parametri već su isti objedinjeni sa stijenskom masom srednje trošnosti (IIA). Pregled geotehničkih jedinica dan je u tablici 7.

Tablica 7. Pregled geotehničkih jedinica [24]

Geotehnička jedinica	Litostratigrafska oznaka	Opis
GJ-1	AF	Nabačaj se sastoji od naslaga šljunka te blokova i odlomaka koji sadrže primjese šljunka (GW)
GJ-2		Sastav crvenice je glinovito-prahoviti šljunak te naslage praha i šljunkovite gline koje se izmjenjuju
GJ-3	Q_{ts}	Vapnenačka breča koja je jako do srednje trošna te blokovito-poremećena
GJ-4		Vapnenačka breča koja je slabo trošna te vrlo blokovita

Detaljniji pregled geotehničkih jedinica dan je u nastavku:

Geotehnička jedinica 1 – sastav: Nabačaj (GW)

U geotehničku jedinicu 1 spadaju naslage nabačaja. Zauzima južni dio predmetne parcele te je nabačaj prisutan kao posljedica gradnje novih puteva ili proširivanja postojećih. Sastav nabačaja karakteriziran je kao dobro građuiran, uglat i karbonatni šljunak sa mogućim primjesama praha i pijeska karakteristične sive boje. Također je pregledom šireg područja utvrđeno prisustvo karbonatnih blokova i odlomaka većih dimenzija. Debljina nabačaja na predmetnoj lokaciji je 0,3 m (bušotina B-2). Na slici 32 prikazane su usvojene vrijednosti parametara za geotehničku jedinicu 1. [24]

Usvojene vrijednosti parametara za GJ – 1 – Nabačaj (AF):

- Efektivni kut unutarnjeg trenja $\phi = 30,0$ do $35,0^\circ$
- Efektivna kohezija $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$
- Zapreminska težina $\gamma = 17,0$ do $21,0 \text{ Kn/m}^3$

Geotehnička jedinica 2 – sastav: Crvenica (GC-CL)

Sastavni dio ove geotehničke jedinice je crvenica. Na lokaciji zahvata crvenica se nalazi kao ispunjena pukotina i drugih krških pojava te kao nekontinuirani pokrivač stijenske podloge. Sastav crvenica je šljunkoviti prah i glina te u izmjeni glinovito – prahoviti šljunak ($G \approx 40\text{--}50\%$). Crvenica je crvenosmeđe boje. Debljina crvenica na lokaciji zahvata varira od 0,30 m (B-1) do 2,35 m (B-2; 0,3-2,65 m).

Na temelju In situ ispitivanja dinamičkim prodiranjem lagane sonde (DPL) utvrđuju se svojstva naslage crvenice. Iz dobivenih rezultata prikazanih u tablici 8 zaključuje se da su naslage crvenice srednje do vrlo krute konzistencije. Stupanj konzistencije je utvrđen prema Terzaghi & Peck (1996). Na slici 33 prikazane su usvojene vrijednosti parametara za geotehničku jedinicu 1. [28]

Tablica 8. Rezultati ispitivanja dinamičkim prodiranjem GJ – 2 [24]

<u>Ispitna pozicija</u>	<u>Dubina [m]</u>	<u>Broj udaraca</u>	<u>Konzistencija</u>
DPL - 1	0,0-0,7	<u>12-15</u>	<u>Kruta</u>
	0,7-0,9	<u>10-11</u>	<u>Srednja</u>
DPL – 2	0,0-0,4	<u>15-20</u>	<u>Kruta</u>
	0,4-0,5	<u>27</u>	<u>Vrlo kruta</u>
DPL - 3	0,0-0,4	<u>12</u>	<u>Kruta</u>
	0,4-1,1	<u>9-10</u>	<u>Srednja</u>
	1,1-2,1	<u>12-15</u>	<u>Kruta</u>
DPL - 4	0,0-0,1	<u>13</u>	<u>Kruta</u>
	0,1-0,4	<u>27-34</u>	<u>Vrlo kruta</u>

Usvojene vrijednosti parametara za GJ – 2 – Crvenica (GC-CL):

- Efektivni kut unutarnjeg trenja $\phi = 25,0$ do $30,0^\circ$
- Efektivna kohezija $c = 5,0$ do $10,0 \text{ kN/m}^2$
- Zapreminska težina $\gamma = 19,0$ do $21,0 \text{ Kn/m}^3$

Geotehnička jedinica 3 – sastav: Vapnenačka breča srednje do jake trošnosti (IC-IIA)

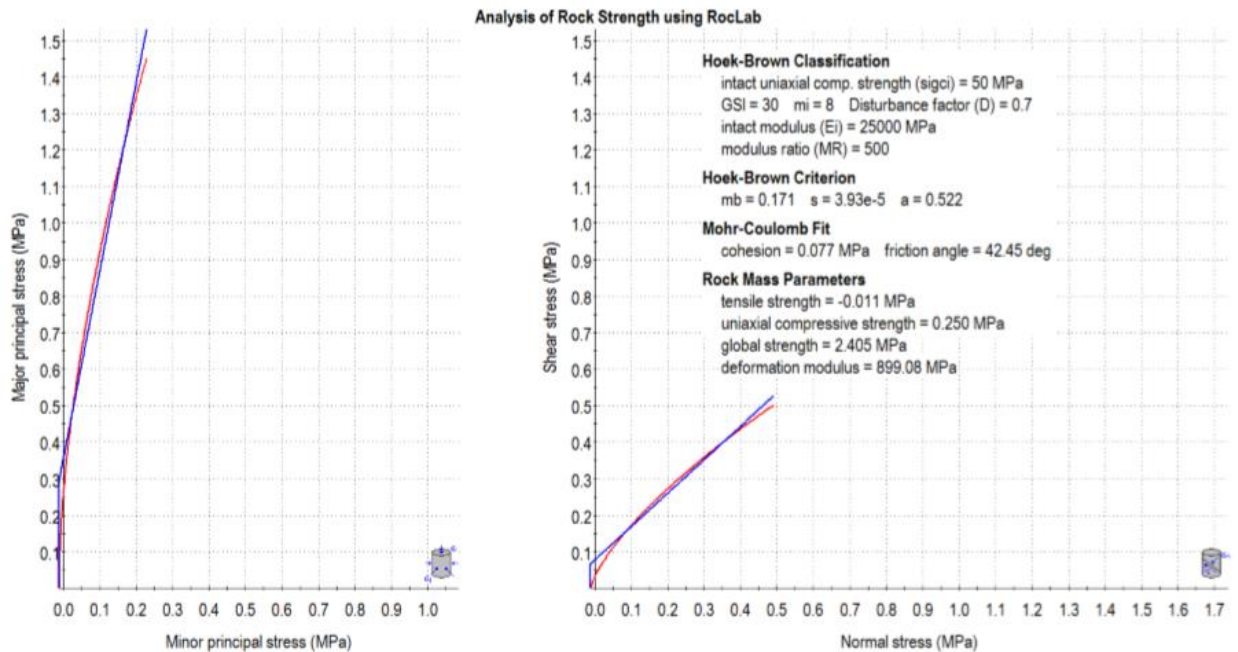
Sastavni dio ove geotehničke jedinice je stijenska masa vapnenačkih breča srednje do jake trošnosti. Karakteristike vapnenačke breče je siva do tamnosiva boja, masivnost, nesortirana vapnenačka zrna sa uglatim krajevima veličine srednjezrnatog šljunka te povezana sivim karbonatnim vezivom. Prisutna je ispresijecanost stijenske mase sa prisutnošću kalcitnih žilica širine do 5 mm. Lokalno utvrđujemo jako trošnu stijensku masu (IC) debljine 0,75 m (B – 2; 2,65-3,40 m). Jako trošnu stijenu čine odlomci stijenske podloge ispunjeni glinom crvenicom. Nalazimo i stijensku masu vapnenačkih breča srednje trošnosti (IIA) koja je blokovito poremećena (B/D) te potpuno raspucana na male blokove. RQD za ovu stijensku masu iznosi 0-16 % te služi kao ocjena kvalitete stijenske mase.

Karakteristike diskontinuiteta su sljedeće: razmak diskontinuiteta je vrlo mali te sadrži ispunu crvenice, limonita ili gline crvenice, smjer i pružanje je koso i nepravilno te je prisutan otvoreni zijev ($>5,0 \text{ mm}$). Na lokaciji zahvata na predmetnoj parceli ovakvi diskontinuiteti se nalaze u površinskom horizontu srednje trošne stijenske mase kojoj je određena debljina 1,6 m na jugozapadnom dijelu parcele (bušotina B-2; 2,65 m-5,00 m) te $> 7,7 \text{ m}$ na sjeveroistočnom dijelu parcele (bušotina B-1; 0,3->8,0 m). [24]

Usvojene vrijednosti parametra za GJ – 3 [3]:

- m_i – vrijednost materijalne konstante; za GJ – 3 vrijedi interval 8 – 12 te je usvojena vrijednost m_i od 8
- Za geotehničku jedinicu 3 određena je vrijednost GSI između 25-40 te je usvojena prosječna vrijednost od 30
- Jednoosna tlačna čvrstoća σ_{ci} određena je terenskom procjenom te je čvrstoća intaktne stijene određena između 50,0 – 100,0 MPa. Usvojena je vrijednost od 50,0 MPa
- D označava faktor stupnja poremećenosti te je usvojen na 0,7
- Zapreminska težina iznosi $\gamma = 24,0 \text{ kN/m}^3$

Na slici 40. je prikazan zakon čvrstoće vapnenačke breče srednje do jake trošnosti¹³.



Slika 40. Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase srednje do jake trošnosti [24]

Geotehnička jedinica 4 – sastav: Vapnenačke breče slabe trošnosti (IIB)

Sastavni dio ove geotehničke jedinice je stijenska masa vapnenačkih breča slabe trošnosti.

Karakteristike vapnenačke breče je siva do tamnosiva boja, masivnost, nesortirana vapnenačka zrna sa uglatim krajevima veličine srednjezrnatog šljunka te povezana sivim karbonatnim vezivom. Prisutna je ispresijecanost stijenske mase sa prisutnošću kalcitnih žilica širine do 5 mm.

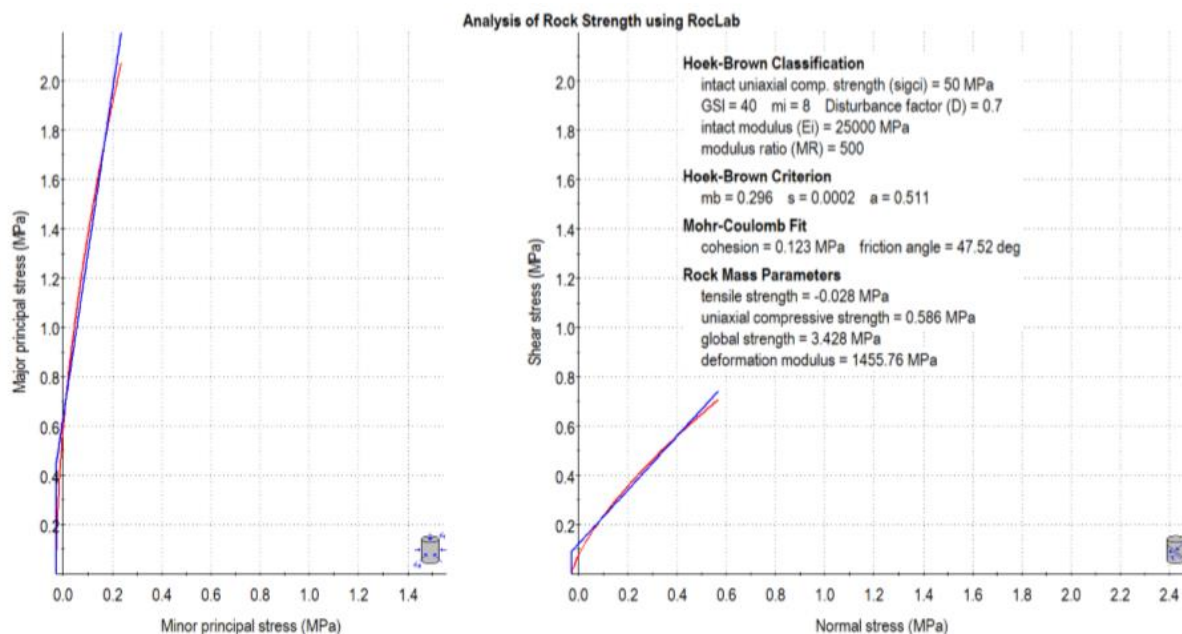
Prosječna procijenjena vrijednost GSI slabo trošne stijenske mase (IIB) je 35-55 te se radi o vapnenačkoj breči koja je vrlo blokovita (VB). RQD za ovu stijensku masu iznosi 62% te je služi kao ocjena kvalitete stijenske mase. Karakteristike diskontinuiteta su sljedeće: razmak diskontinuiteta je 0,1-0,3 m, hrapav te sadrži ispunu od linomita ili komprimirane crvenice. Na lokaciji zahvata na predmetnoj parceli ovakvi diskontinuiteti se nalaze ispod horizonta stijenske mase srednje trošnosti (IIA) pri dubinama na 5,0 m na jugozapadnom dijelu parcele do >8,0 m na sjeveroistočnom dijelu parcele. Iz istraživačkih radova je zaključeno da kontakt slabe i srednje trošne stijenske mase opada prema sjeveroistoku - istoku parcele. [24]

¹³ RockLab –je program tvrtke Rocscience, koji služi za određivanje parametara čvrstoće stijenske mase pomoću Općeg Hoek – Brownovog kriterija čvrstoće. [38]

Usvojene vrijednosti parametra za GJ – 4:

- m_i – vrijednost materijalne konstante; za GJ – 4 vrijedi interval 8 – 12 te je usvojena vrijednost m_i od 8
- Za geotehničku jedinicu 3 određena je vrijednost GSI između 35 - 55 te je usvojena prosječna vrijednost od 40
- Jednoosna tlačna čvrstoća σ_{ci} određena je terenskom procjenom te je čvrstoća intaktne stijene određena između 50,0 – 100,0 MPa. Usvojena je vrijednost od 50,0 MPa
- D označava faktor stupnja poremećenosti te je usvojen na 0,7
- Zapreminska težina iznosi $\gamma = 24,0 \text{ kN/m}^3$

Na slici 41. je prikazan zakon čvrstoće vapnenačke breče slabe trošnosti.



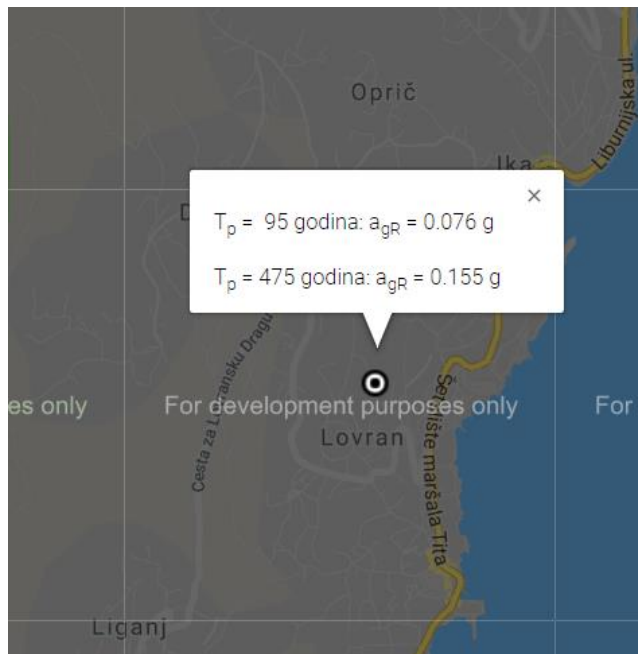
Slika 41. Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase slabe trošnosti [24]

5.5. Seizmičnost lokacije zahvata

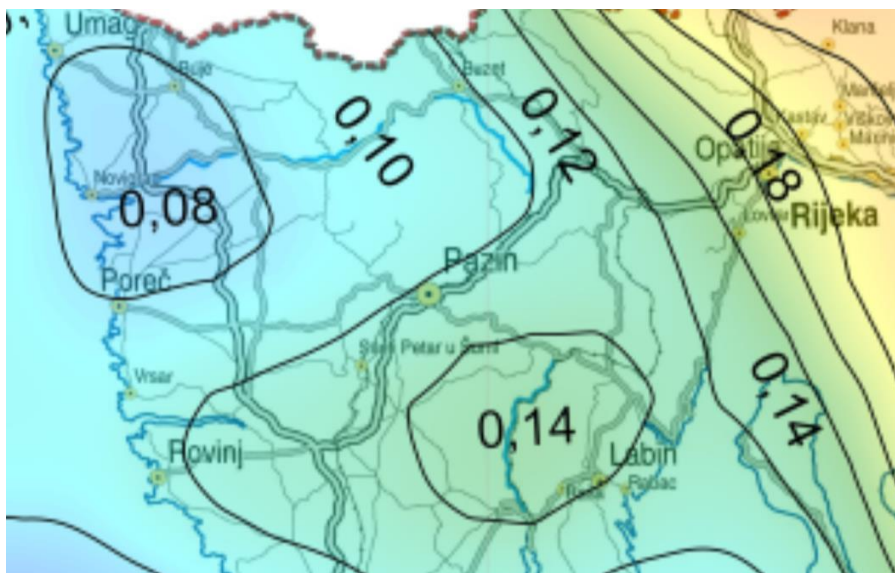
Lokacija zahvata nalazi se u Primorsko – goranskoj županiji u Općini Lovran. Kartama na slikama 36 i 37 prikazana su horizontalna poredbeni vršna ubrzanja tla tipa A s vjerojatnosti premašaja od $p = 10\%$ u $t = 50$ godina. Vjerojatnost premašaja (p) je povezana s povratnim (T) i poredbenim (t) razdobljem formulom:

$$p = 100 \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^t \right] \quad (3)$$

Vrijednosti na kartama, odnosno na slici 42. i slici 43. su ubrzanja koja se premaše svakih $T = 475$ godina, odnosno $T = 95$ godina. Jedinice ubrzanja su u $[m/s^2]$ (jedinice gravitacijskog ubrzanja). [24]



Slika 42. Iznos horizontalnih vršnih ubrzanja tla za povratna razdoblja $T = 475$ i 95 godina [13]



Slika 43. Iznos horizontalnog vršnog ubrzanja tla za povratno razdoblje $T = 475$ godina na širem području lokacije zahvata [13]

Slijedi objašnjenje povratnog razdoblja (T). Vrijeme pojave potresa na nekom mjestu u određeno vrijeme je zapravo nemoguće odrediti, nema pravilnosti u vjerojatnosti njegove pojave te ne ovisi o prethodnom potresu. Povratna razdoblja služe kako bi se definirao ukupni broj potresa u nekom većem vremenskom razdoblju, ali ne i za definiranje vremena u kojem bi se potres mogao dogoditi. [13]

Za proračun konstrukcije na potres, kako bi se definirali projektni i elastični spektri, služi a_g – vrijednost projektnog ubrzanja karakteristična za tlo tipa A.

Vrijednost a_g predstavljena je izrazom:

$$a_g = a_{gr} * \gamma_l \quad (4)$$

gdje je:

- γ_l - faktor važnosti građevine koji je
 - definiran u HRN EN 1998-1:2011/Ispr.1:200
 - vrijednosti faktora kreću se od vrijednosti 1,40 - 0,80; gdje 1,40 vrijedi za građevine od vitalne važnosti nakon potresa (spadaju vatrogasne postaje, bolnice,...) te 0,80 za građevine male važnosti na sigurnost
- a_{gr} – maksimalno ubrzanje tla tipa A

Tablica 9 prikazuje utjecaj vrste temeljnog tla na seizmičko opterećenje, odnosno kako se prema HRN EN 1998-1:2011/Ispr.1:200 vrijednost seizmičkog opterećenja dobiva preko razreda tla. [7]

Tablica 9. Tipovi temeljnog tla [7]

Tip temeljnog tla	Opis stratigrafskog profila	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (udara /30cm)	c_u (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene, uključujući najviše 5 metara slabijeg materijala na površini	>800	-	-
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360-800	>50	>250
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180-360	15-50	70-250

<i>D</i>	<i>Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo</i>	<i><180</i>	<i><15</i>	<i><70</i>
<i>E</i>	<i>Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijalnog sloja s vrijednostima v_s za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je krući materijal $v_s > 800$ m/s</i>			
<i>S₁</i>	<i>Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina /praha s velikim indeksom plastičnosti ($PI > 40$) i velikim sadržajem vode</i>	<i><100(približno)</i>	<i>-</i>	<i>10-20</i>
<i>S₂</i>	<i>Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili SI</i>			

Na širem području i području zahvata tlo pripada razredu A, dok je vrijednost maksimalnog ubrzanja $a_{gr} = 0,16g$.

5.6. Tehnički opis osiguranja građevne jame

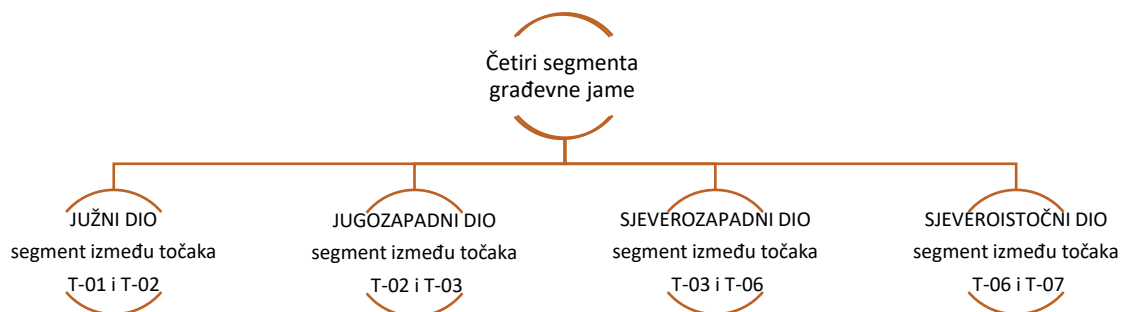
U svrhu zgrade poslovne namjene – „TC Plodine“ u Lovranu radi se građevinski projekt osiguranja građevne jame na k.č. 518 k.o. Oprić. Radi se o izvedbenom građevinskom projektu – geotehničkog dijela.

5.6.1. Opis zahvata

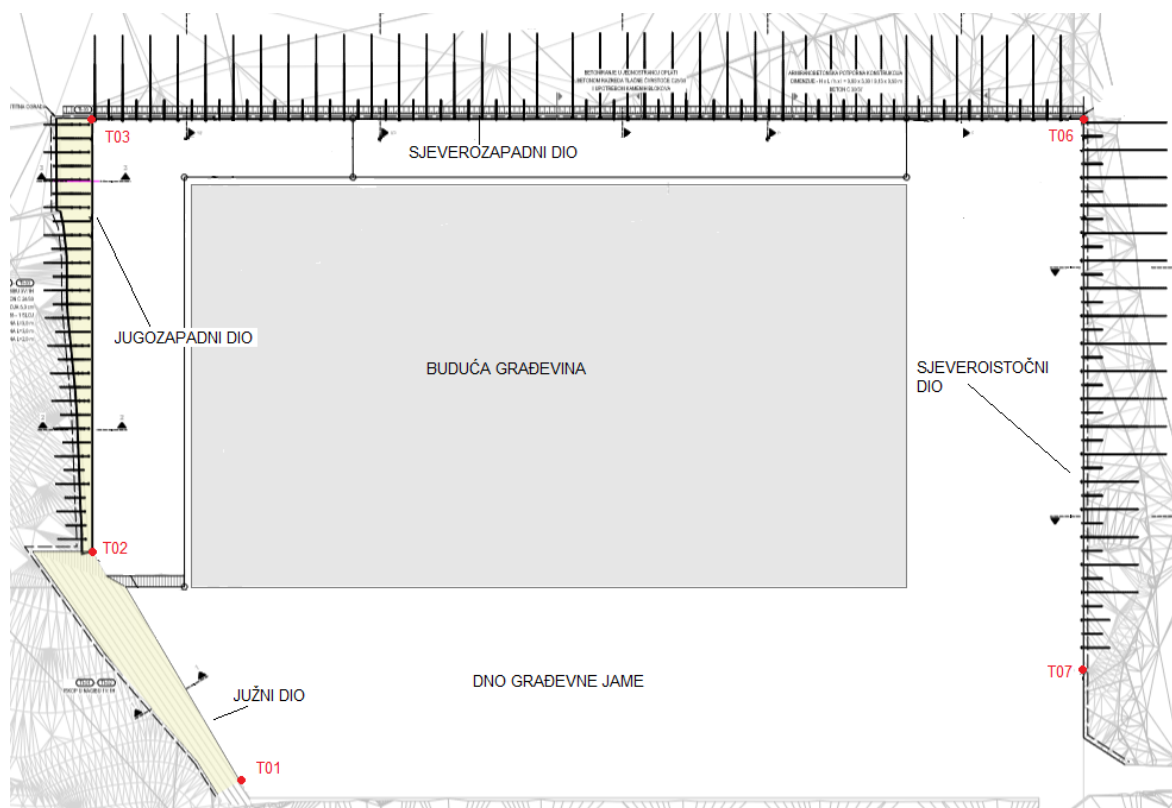
Potrebno je izvesti zasijecanje postojećeg terena za potrebe izgradnje građevine „TC Plodine“. Građevnu jama koja će se formirati iskopom potrebno je osigurati mjerama definiranim u nastavku poglavlja.

Dubina građevne jame, odnosno dubina iskopa se kreće do raspona od 11 metara. Jama je podijeljena u 4 segmenta s obzirom na strane svijeta i s obzirom na nagib lica građevne jame. Sjeveroistočni i sjeverozapadni dio jame izvedeni su u vertikalnom iskopu, južni dio u nagibu 1V:1H, a jugozapadni dio u nagibu 3V:1H.

Svaki segment određen je dvjema točkama koje označavaju početak i kraj svakog segmenta (prikazano na slici 44). Slika 45 prikazuje situaciju građevne jame sa označenim segmentima.



Slika 44. Grafički prikaz segmenata građevne jame



Slika 45. Pregledna situacija građevne jame

Južni dio građevne jame

Predviđen je iskop od 1V:1H u stabilnoj geometriji.

Predviđeno postavljanje zaštitne ograde po vrhu građevne jame ovog segmenta.

Jugozapadni dio građevne jame

Predviđen je iskop u nagibu 3V:1H. Izvedena osiguranja:

- procjednica (L = 2,0 metra),
- samobušivih sidra (L = 3,0 metra),
- štapnih sidra (L = 3,0 metra),
- mlaznog betona koji se izvodi u dva sloja po 5,0 cm,
- između dva sloja mlaznog betona postavlja se armaturna mreža u jednom sloju (Q 188).

Karakteristike samobušivih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{0.2,k} = 260,0 \text{ kN}$, a minimalni vanjski promjer je $\phi = 30,0 \text{ mm}$.

Karakteristike štapnih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{y,k} = 405,0 \text{ kN}$, a minimalni vanjski promjer je $\phi = 32,0 \text{ mm}$.

Isto tako, po vrhu građevne jame ovog segmenta je predviđeno postavljanje zaštitne ograde.

Sjeverozapadni dio građevne jame

Predviđen je vertikalni iskop građevne jame. Izvedena osiguranja:

- procjednica ($L = 2,0$ metra),
- štapnih sidra ($L = 3,0, 6,0$ i $9,0$ metra),
- mlaznog betona koji se izvodi u dva sloja po $5,0 \text{ cm}$,
- između dva sloja mlaznog betona postavlja se armaturna mreža u jednom sloju (Q 188).

Karakteristike štapnih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{y,k} = 405,0 \text{ kN}$, a minimalni vanjski promjer je $\phi = 32,0 \text{ mm}$.

Na ovom segmentu je predviđena izvedba armiranobetonskog potpornog zida rađenog od betona sa razredom tlačne čvrstoće od C30/37. Dimenzije potpornog zida su: duljina $L = 19,0 \text{ m}$ i visina $H = 10,32 \text{ m}$. Armiranobetonski potporni zid je osiguran sa samobušivim sidrima čija najmanja duljina sidrišne dionice iznosi $L = 6,0$ metra. Karakteristike samobušivih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{0.2,k} = 830,0 \text{ kN}$, a minimalni vanjski promjer je $\phi = 73,0 \text{ mm}$.

Na dijelu ovog segmenta pronađena je kaverna sa ispunom gline te je za njenu stabilizaciju predviđeno betoniranje betonom sa razredom tlačne čvrstoće od C25/30 upotrebom jednostrane oplata i upotrebom kamena. Najveći dozvoljeni udio kamena u betonu je 40 %.

Ugrađuju se:

- samobušiva sidra (sa duljinom $L = 3,0, 6,0$ i $9,0$ metra),
- procjednice (duljine $L = 2,0$ metra)

Karakteristike samobušivih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{0.2,k} = 260,0 \text{ kN}$, a minimalni vanjski promjer je $\phi = 30,0 \text{ mm}$.

Na vrhu ovog segmenta građevne jame je izvedena armiranobetonska naglavna greda koja se betonira sa betonom (razred tlačne čvrstoće je C30/37), a klasa izloženosti XC2.

Na ovom segmentu su izvedena 3 tipa naglavne grede s obzirom na potrebnu visinu:

- Tip 1 naglavne grede; visina $H = 1,45 - 1,85$ metra

- Tip 2 naglavne grede; visina $H = 2,25 - 2,65$ metra
- Tip 3 naglavne grede; visina $H = 4,00 - 4,40$ metra

Kako bi se ostvarila potpuna stabilnost naglavne grede ugradila su se štapna sidra s nagibom od 20° s horizontalnim razmakom od 2,75 metara.

Karakteristike štapnih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{y,k} = 405,0 \text{ kN}$, minimalni vanjski promjer je $\phi = 32,0 \text{ mm}$ i duljine $L = 3,0$ i $6,0$ metra. Prilikom izvedbe naglavne grede potrebno je ostaviti otvore za smještaj sidra u vidu polipropilenskih cijevi sa promjerom 110 mm. Isto tako, na vrhu ovog segmenta (na vrhu građevne jame) na vrhu naglavne grede je potrebno izvesti pripremu za izvedbu trajne žičane zaštitne ograde. [24]

Sjeveroistočni dio građevne jame

Predviđen je vertikalni iskop ovog segmenta građevne jame. Izvedena osiguranja:

- procjednica ($L = 2,0$ metra),
- samobušivih sidra ($L = 6,0$ i $9,0$ metra),
- štapnih sidra ($L = 3,0, 6,0$ i $9,0$ metra),
- mlaznog betona koji se izvodi u dva sloja po 5,0 cm,
- između dva sloja mlaznog betona postavlja se armaturna mreža u jednom sloju (Q 188).

Karakteristike samobušivih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{0,2,k} = 260,0 \text{ kN}$, a minimalni vanjski promjer je $\phi = 30,0 \text{ mm}$.

Karakteristike štapnih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{y,k} = 405,0 \text{ kN}$, a minimalni vanjski promjer je $\phi = 32,0 \text{ mm}$.

Na ovom segmentu pronađena je kaverna ispunjena glinom te je u svrhu njene stabilizacije izvedeno podbetoniranje betonom sa razredom tlačne čvrstoće C 25/30 i kamenom. Najveći dozvoljeni udio kamena u betonu je 40 %. Pri vrhu građevne jame ovog segmenta predviđa se postavljanje zaštite žičane ograde.

U cilju osiguranja građevne jame obavljaju se sljedeći radovi :

- Pripremni radovi
- Izvođenje iskopa za postavljanje armiranobetonske naglavne grede
- Postavljanje podložnog betona debljine 5,0 cm ispod armiranobetonske naglavne grede. Razred tlačne čvrstoće podložnog betona je C 16/20.

- Gornji dio građevne jame osigurava se sa naglavnom gredom
- Na vrhu građevne jame postavlja se zaštitna žičana ograda
- Čišćenje lica građevne jame
- Osiguranje lica građevne jame po segmentima gdje se ugrađuju samobušiva i štapna sidra različitih dužina te procjednice dužine $L = 2,0$ metra
- Na pojedinim dijelovima građevne jame gdje se pronalaze kaverne, osigurava se armiranobetonskim jastucima
- Pod osiguranje građevne jame spada i mlazni beton ugrađen u dva sloja između kojih se postavlja jedan sloj armaturne mreže Q 188
- Na mjestima gdje su uočene kaverne upotrebom kamena i betona razreda C 25/30 vrši se betoniranje u jednostranoj oplati
- Miješani materijal se nasipava iza armiranobetonskog potpornog zida

Radovi su detaljnije opisani u nastavku. [24]

5.6.2. Pripremni radovi

Pod pripremnim radovima podrazumijeva se početna priprema gradilišta pod koju spada dovoz i instalacija materijala i opreme za izvođenje radova te kada se završe radovi isto tako i odvoz materijala i opreme, raspremanje i dovođenje gradilišta i lokacije u konačno stanje. Osim troškova za radove koji su već navedeni u ovom odlomku, u troškove pripremnih radova ulazi i ograđivanje cijelog gradilišta, organizacija gradilišta i trošak privremenih deponija.

5.6.3. Lociranje postojećih instalacija

Ukoliko su na lokaciji zahvata prisutne postojeće instalacije, potrebno ih je locirati i označiti kako bi se izbjeglo njihovo oštećenje prilikom izvedbe osiguranja građevne jame.

5.6.4. Armiranobetonska naglavna greda

Za potrebe izvedbe naglavne grede izveden je površinski iskop po obodu građevne jame. Prije postavljanja naglavne grede se izvodi podložni beton sa razredom tlačne čvrstoće C

16/20. Debljina podložnog betona je 5,0 cm. Razred tlačne čvrstoće za betonom kojim se izvodi naglavna greda je C 30/37, a klasa izloženosti XC2.

Izvode se 3 tipa naglavne grede ovisno o visini:

- Tip 1 naglavne grede; $H = 1,45 - 1,85$ m
- Tip 2 naglavne grede; $H = 2,25 - 2,65$ m
- Tip 3 naglavne grede; $H = 4,00 - 4,40$ m

Naglavna grede izvode se u L obliku. Izrada armature izvršena je u kampadama duljine ne veće od 5,50 metra. Armatura je B500B te je izrađena u obliku koševa. Kroz temelj naglavne grede ugrađuju se štapna sidra koji osiguravaju stabilnost grede. Sidra se izvode u nagibu od 20° od horizontale te na razmaku od 2,75 metra. Karakteristike štapnih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{y,k} = 405,0$ kN, minimalni vanjski promjer je $\phi = 32,0$ mm i duljine $L = 3,0$ i $6,0$ metra.

Kroz temelj naglavne grede se ugrađuju i samobušiva sidra na dijelu gdje se vrši betoniranje u jednostranoj oplati.

Karakteristike samobušivih sidra: min. sile pri popuštanju su $F_{0,2,k} = 260,0$ kN, minimalni vanjski promjer je $\phi = 30,0$ mm, duljine $L = 3,0$ metra s nagibom od 20° od horizontale. Prilikom izvedbe naglavne grede potrebno je ostaviti otvore za smještaj sidra u vidu polipropilenskih cijevi sa promjerom 110 mm. Isto tako, na vrhu naglavne grede je potrebno izvesti pripremu za izvedbu trajne žičane zaštitne ograde. [24]

Zahtijevana i propisana tehnička svojstva betona za izvedbu naglavne grede [23]:

- Razred tlačne čvrstoće: C 30/37,
- Razred izloženosti agresivnom okolišu: XC2,
- Maksimalna količina klorida: 0,20 %
- Minimalna količina cementa: 280 kg/m³

Tip 1 naglavna greda:

- Ukupna visina: $H = 1,45 - 1,85$ m
- Debljina zidnog platna: $d = 0,40$ m
- Debljina temelja: $d_1 = 0,40$ m
- Širina temelja: $B = 1,00$ m
- Duljina kampade: $L_k = 5,50$ m

- Armatura platno - vlačna zona: mreža Q-524, B500B
- Armatura platno - tlačna zona: mreža Q-188, B500B
- Poprečna armatura temelja: šipke $\phi 10 \setminus 15$ cm
- Uzdužna armatura temelja: šipke $\phi 12$ i $\phi 16$
- Zaštitni sloj betona: $c=5,0$ cm

Tip 2 naglavna greda:

- Ukupna visina: $H=2,25 - 2,65$ m
- Debljina zidnog platna: $d=0,40$ m
- Debljina temelja: $d_1=0,40$ m
- Širina temelja: $B=1,50$ m
- Duljina kampade: $L_k=5,50$ m
- Armatura platno - vlačna zona: mreža Q - 524, B500B
- Armatura platno - tlačna zona: mreža Q - 188, B500B
- Poprečna armatura temelja: šipke $\phi 10 \setminus 15$ cm
- Uzdužna armatura temelja: šipke $\phi 12$ i $\phi 16$
- Zaštitni sloj betona: $c = 5,0$ cm

Tip 3 naglavna greda:

- Ukupna visina: $H=4,00 - 4,40$ m
- Debljina zidnog platna: $d = 0,40$ m
- Debljina temelja: $d_1 = 0,40$ m
- Širina temelja: $B = 2,00$ m
- Duljina kampade: $L_k = 5,50$ m
- Armatura platno - vlačna zona: mreža Q - 524, B500B
- Armatura platno - tlačna zona: mreža Q - 188, B500B
- Poprečna armatura temelja: šipke $\phi 12 \setminus 15$ cm i $\phi 16 \setminus 15$ cm
- Uzdužna armatura temelja: šipke $\phi 12$ i $\phi 20$
- Zaštitni sloj betona: $c = 5,0$ cm

5.6.5. *Zaštitna žičana ograda građevne jame*

Prilikom izvođenja radova i prilikom eksploatacije građevne jame potrebno je izvesti zaštitu u vidu zaštitnog ogradnog sustava. Visina ogradnog sustava iznosi 1,50 metra te se sastoji od:

- Žičanog pletiva
- Stupova dimenzije 45 x 1900 mm
- Zateznih žica
- Natezača žice

Slijedi detaljniji opis materijala i opreme od koje je formiran ogradni sustav. Pocinčana i plastificirana žica predstavlja žičano pletivo. Otvor je u obliku četverokutnog oka dimenzija 50x50 mm. Standardna debljina žice iznosi 1,9/2,30 mm.

Natezači žice obrađeni su dodatnom plastifikacijom u vidu pocinčavanja. Za napinjanje žice koristi se žica debljine od 3,30 mm.

Sva propisana izvedba i svi ostali detalji izvedbe moraju biti u skladu sa HRN EN 10218-2 (Roboti i robotski uređaji – Sigurnosni zahtjevi za industrijske robote), HRN EN 10223-4 (Norma za čelične žice i žičane proizvode za ograde i mreže), HRN EN 10244-2 (Norma koja određuje zahtjeve za masu premaza i ispitivanje premaza cinka i cinka na čeličnoj žici i proizvodima od čelične žice kružnog ili drugog presjeka) i HRN EN 1179 (Cink i cinkove legure).

Stabilnost ogradnog sustava može se izvesti na dva načina:

1. Posebnim vijcima se stupovi ograde učvršćuju za armiranobetonsku naglavnu gredu
2. Stupovi se betoniraju u temelj koji ima dimenzije: 30 cm (promjer) i 40 cm (dubina). Minimalan razred tlačne čvrstoće betona koji služi za ugradnju stupa je C 16/20

5.6.6. *Iskop građevne jame u kampadama*

Postojeći teren je potrebno iskopati u kampadama. Prilikom iskopa zahtijeva se točnost od 3,0 cm na duljinu od 1,0 m. Iskop se na dijelu građevne jame formira vertikalni, na dijelu u nagibu 1V:1H te na dijelu u nagibu 3V:1H. Izvodi se strojni iskop gdje je potrebno pažljivo rukovati strojem kako se ne bi odlomili veći blokovi stijenske mase u građevnoj jami.

Prilikom iskopa potrebno je uzeti u obzir propisane visinske kote, nagibe kosina, geomehanička svojstva tla te svojstva tla za ponovnu upotrebu iskopanog materijala. Potrebno je poduzeti sve prethodne mjere zaštite u vidu osiguranja postojećih okolnih objekata i sigurnosti na radu. Pri rukovanju strojevima i samom iskopu treba paziti da ne dođe do klizanja ili odrona kao posljedica potkopavanja ili oštećenja kosina.

Prilikom kopanja je potrebno odstraniti sav nepotreban rastresiti i labav materijal stijene. Kopanjem je potrebno doći do projektiranog nagiba kosine do kote posteljice. Po koti posteljice tako je omogućeno odvijanje gradilišnog prometa. Poprečnu i uzdužnu odvodnju građevne jame osigurati čim prije.

Faze iskopa građevne jame:

- Prva faza završava kada se dosegne kota temeljenja naglavne grede. Obavlja se čišćenje zidova građevne jame; postavljanje mlaznog betona koji služi kao poravnanje; ugradnja mlaznog betona u dva sloja po 5,0 cm; postavljanje armaturne mreže Q 188 između dva sloja mlaznog betona i postavljanje prvog reda sidara (bušenje, injektiranje i pritezanje) prije druge faze iskopa.
- Druga faza iskopa počinje 1,0 metar ispod osi prvog reda sidara
- Ostale faze iskopa također se izvode do 1,0 m ispod osi sidara

Iskop se provodi u vertikalnim i horizontalnim kampadama. Pozicije sidara određuju vertikalne kampade, a horizontalne su određene veličinom polja, odnosno moraju biti manje od dva polja (5,0 m). Dozvoljen je preskok od dva polja prilikom izvedbe horizontalnih kampada. Ukoliko rezultati provedenih mjerenja ukazuju na to, projektant može mijenjati veličinu iskopne kampade. [24]

5.6.7. Čišćenje lica građevne jame

Kada je završen iskop i profiliranje kosina, slijedi čišćenje lica od kamenja, crvenice i olabavljenih blokova. Čišćenje se izvodi kavanjem i ispuhivanjem zraka pod pritiskom. Nestabilni kameni blokovi do 50,0 kg koji predstavljaju moguću opasnost potrebno je strojno ili ručno odstraniti. [24]

5.6.8. Geodetsko iskolčenje

Postupak prenošenja projektiranih dimenzija na teren naziva se iskolčenjem. Izvodi se geodetsko iskolčenje mjera osiguranja. Iskolčenje se izvodi položajno i visinsko. Iskolčenje se mora izvesti tako da tijekom cijelog izvođenja radova bude vidljivo i osigurati ga od mogućeg uništenja. Radovi navedeni ovom stavkom izводе se prema „Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama, knjiga I, stavka 1-02, Geodetski radovi“. [24]

5.6.9. Štapna sidra

Dijelovi građevne jame osiguravaju se štapnim sidrima. Karakteristike štapnih sidra: minimalni vanjski promjer je $\phi = 32,0 \text{ mm}$ i duljine $L = 3,0, 6,0$ i $9,0$ metara.

Zahtijevana i propisana tehnička svojstva [23]:

- Duljina sidara: $L=3,0, 6,0$ i $9,0 \text{ m}$
- Duljina injektiranja: $L_b = \text{duljina sidra}$
- Minimalni nominalni vanjski promjer sidra: $\phi_{\min} = 32,0 \text{ mm}$
- Raster sidara: $2,75 \times 2,75 \text{ m}$
- Nagib sidara: $\alpha=20^\circ$
- Nominalni promjer bušotine: $\phi_{b,\min} = 90,0 \text{ mm}$
- Vrsta čelika: $500/550$
- Minimalna granica popuštanja čelika: $f_{y,k}=500,0 \text{ N/mm}^2$
- Minimalna sila pri popuštanju: $F_{y,k}= 405,0 \text{ kN}$
- Minimalna vlačna čvrstoća čelika: $f_{t,k}=550,0 \text{ N/mm}^2$
- Minimalna sila pri lomu: $F_{t,k}= 440,0 \text{ kN}$
- Sila pritezanja: $P_0=50,0 \text{ kN}$

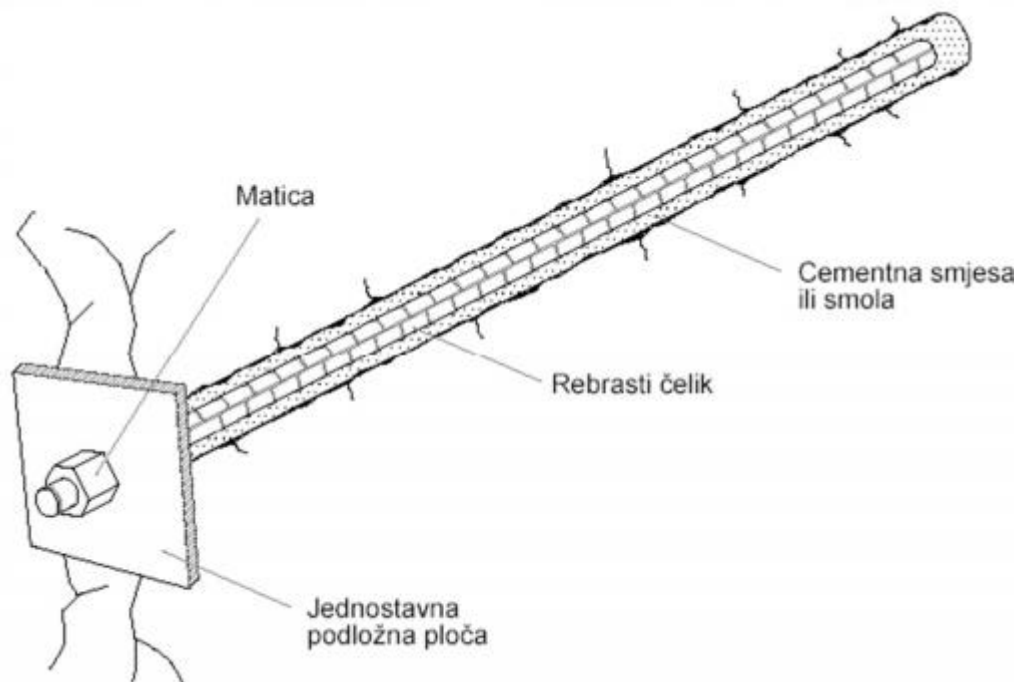
Prije ugradnje sidara proizvođač je dužan dostaviti ateste na odobrenje prije same ugradnje. Vodocementni faktor injekcijske smjese kreće se u rasponu $v/c = 0,4 - 0,5$. Za injekcijsku smjesu se koristi cementni mort bez agregata. Sastav cementnog morta: 0,5 % bupriva, 2,5 % bentonita i 97 % cementa. Sastojci se doziraju maseno, a voda se dozira volumno ili maseno. Injekcijske suspenzije isto tako mogu biti i na bazi umjetnih smola pri čemu je njihova cijena veća od cementnih.

Deset dana nakon injektiranja sidrišne dionice pristupa se pritezanju sidara. Da bi se pristupilo zatezanju sidara smjesa mora dosegnuti čvrstoću od najmanje 30 MN/m^2 . Sila pritezanja iznosi $P_0 = 50,0 \text{ kN}$. Kada krenuti s pritezanjem znamo nakon provedenih ispitivanja injekcijske smjese, odnosno iz očitavanja rezultata i korelacije istih. Ako dinamika projekta zahtijeva da se sidra ranije pritegnu, potrebno je pripremiti injekcijske smjese koje sadrže dodatke za postizanje ranih čvrstoća.

Veza sa stijenskom masom kod štapnih sidara se ostvaruje cijelom dužinom sidra, a injektiranje se može izvesti na dva načina:

1. Zapunjava se bušotina injekcijskom smjesom te nakon toga ugrađuje štapno sidro
2. Ugrađuje se sidro u već izvedenu bušotinu te nakon toga se bušotina zapunjava injekcijskom smjesom

Štapno sidro je prikazano na slici 46.



Slika 46. Štapno sidro [18]

5.6.10. Samobušiva sidra

Dijelovi građevne jame osiguravaju se samobušivim sidrima. Karakteristike samobušivih sidra: minimalni vanjski promjer je $\phi = 30,0 \text{ mm}$ i duljine $L = 3,0, 6,0$ i $9,0$ metara te samobušiva sidra sa sljedećim karakteristikama: : minimalni vanjski promjer je $\phi = 73,0 \text{ mm}$ i duljina $L_b = 6,0 \text{ m}$ koja predstavlja duljinu sidrišne dionice sidra u stijenskoj masi.

Zahtijevana i propisana tehnička svojstva za sidra promjera $\phi = 30,0 \text{ mm}$ [24]:

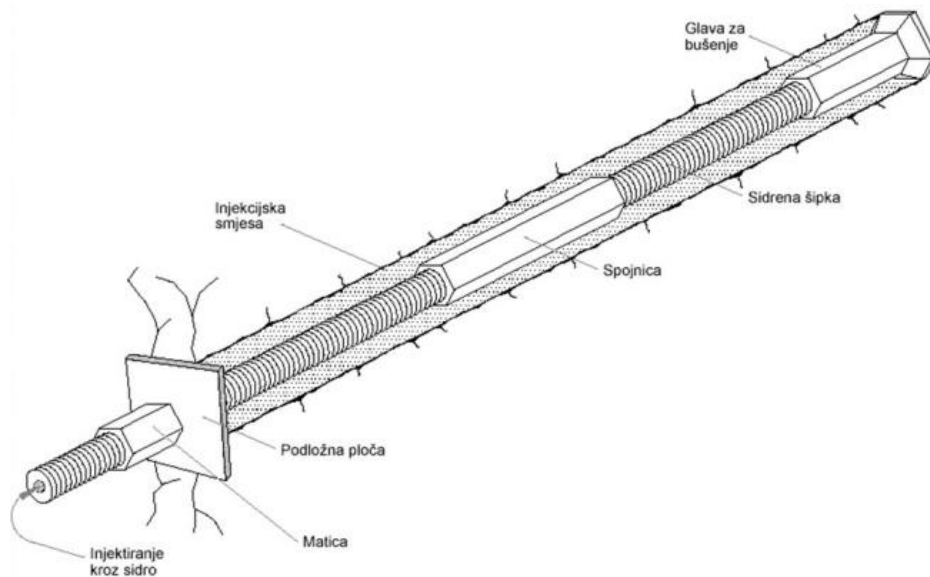
- Duljina sidara: $L=3,0, 6,0$ i $9,0 \text{ m}$
- Duljina sidrišne dionice: $L_b = \text{duljina sidra}$
- Minimalni nominalni vanjski promjer sidra: $\phi_{\min} = 30,0 \text{ mm}$
- Horizontalni razmak sidara: $2,75 \text{ m}$
- Nagib sidara: $\alpha=20^\circ$
- Minimalni promjer bušotine (injekcijskog tijela): $\phi_{b,\min} = 90,0 \text{ mm}$
- Minimalna sila pri popuštanju: $F_{0,2,k}=260,0 \text{ kN}$
- Minimalna sila pri lomu: $F_{t,k} = 320,0 \text{ kN}$
- Sila pritezanja: $P_0=25,0 \text{ kN}$

Zahtijevana i propisana tehnička svojstva za sidra promjera $\phi = 73,0 \text{ mm}$ [24]:

- Najmanja duljina sidrišne dionice u stijenskoj masi: $L_b = 6,0 \text{ m}$
- Vanjski promjer sidra (minimalni i nominalni): $\phi_{\min} = 73,0 \text{ mm}$
- Horizontalni razmak sidara: $2,50 \text{ m}$
- Nagib sidara: $\alpha=20^\circ$
- Minimalni promjer bušotine (injekcijskog tijela): $\phi_{b,\min} = 130,0 \text{ mm}$
- Minimalna sila pri popuštanju: $F_{0,2,k} = 830,0 \text{ kN}$
- Minimalna sila pri lomu: $F_{t,k} = 1035,0 \text{ kN}$
- Sila pritezanja: $P_0 = 30,0 - 100 \text{ kN}$

Prije ugradnje sidara proizvođač je dužan dostaviti ateste na odobrenje prije same ugradnje. Vodocementni faktor injekcijske smjese se kreće u rasponu $v/c = 0,4 - 0,5$. Za injekcijsku smjesu se koristi cementni mort bez agregata. Sastav cementnog morta: $0,5 \%$ bubriva, $2,5 \%$ bentonita i 97% cementa. Sastojci se doziraju maseno, a voda se dozira volumno ili maseno.

Kad se radi o jako oštećenim stijenskim masama, samobušiva sidra imaju posebnu prednost. Elementi samobušivog sidra se koriste kao dio bušačkog sustava pa je time izbjegnuto dodatno urušavanje stijenske mase prilikom izvlačenja bušaće šipke. Samobušivo sidro je prikazano na slici 47.



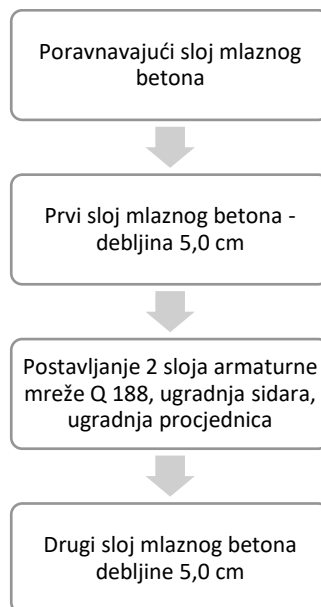
Slika 47. Samobušivo sidro [18]

Sidra promjera $\phi = 30,0$ mm pritežu se na silu $P_0 = 25,0$ kN. Samobušiva sidra promjera $\phi = 73,0$ mm se pritežu u fazama ovisno o izvedbi kampade armiranobetonskog potpornog zida. Kada se izvede prva kampada zida priteže se najdonji red sidara na silu $P_0 = 30,0$ kN, zatim drugi red nakon druge kampade na silu od $P_0 = 30,0$ kN te treći red na silu od $P_0 = 100,0$ kN. U konačnici se prvi i drugi red dodatno pritežu na silu od $P_0 = 100,0$ kN.

Deset dana nakon injektiranja sidrišne dionice pristupa se pritezanju sidara. Da bi se pristupilo zatezanju sidara smjesa mora dosegnuti čvrstoću od najmanje 30 MN/m^2 . Kada krenuti s pritezanjem znamo nakon provedenih ispitivanja injekcijske smjese, odnosno iz očitavanja rezultata i korelacije istih. Ako dinamika projekta zahtijeva da se sidra ranije pritegnu, potrebno je pripremiti injekcijske smjese koje sadrže dodatke za postizanje ranih čvrstoća. [34]

5.6.11. Mlazni beton

Lice građevne jame je potrebno očistiti i okavati od vegetacije i olabavljenih blokova da bi se moglo pristupiti izvedbi prvog sloja mlaznog betona. Isto tako, površina se čisti ispuhivanjem komprimiranog zraka. Sve nečistoće se čiste suhim postupkom uz upotrebu vode u minimalnih količinama. Mlazni beton koji se nanosi na lice jame u prvom sloju je razreda tlačne čvrstoće C 24/30. Nakon toga izvodi se mlazni beton u dva sloja po 5,0 cm, a između ta dva sloja postavlja se jedan sloj armaturne mreže Q 188. Površina prvog sloja mlaznog betona debljine 5,0 cm se tretira vodom prije nanošenja drugog sloja. Armaturne mreže se moraju preklopiti u najmanje 3 oka u svakom smjeru. Prema OTU stavke 2-15.10 se izvode radovi osiguranja jame mlaznim betonom. Na slici 48 je prikazan redoslijed izvedbe radova za izvedbe mlaznog betona. [24]



Slika 48. Redoslijed izvedbe radova [24]

Zahtijevana i propisana tehnička svojstva armaturnih mreža za postavljanje između slojeva mlaznog betona:

- Tip mreže: Q - 188
- Površina armature u oba smjera: $1,88 \text{ cm}^2/\text{m}'$
- Promjer šipki: 6,0 mm
- Razmak šipki: 15,0 cm
- Razred duktilnosti: B
- Granica velikih izduženja: 500 N/mm

Zahtijevana i propisana tehnička svojstva mlaznog betona:

- Razred tlačne čvrstoće: C 24/30
- Minimalna debljina mlaznog betona: 10,0 cm (dva sloja po 5,0 cm)
- Maksimalna količina klorida: 0,20 %
- Minimalna količina cementa: 280 kg/m

Treba voditi računa o tome da mora biti što manje vremena između nanošenja prvog i drugog sloja mlaznog betona kako bi kontakt između ova dva sloja bio kvalitetniji. Mlazni beton se može ugrađivati suhim ili mokrim postupkom te koji će se od ova dva postupka izvoditi ovisi o izvođaču.

Suhi postupak izvodi se na način da se cement i agregat miješa u miješalici te se komprimiranim zrakom premještaju kroz gumeno crijevo do mjesta gdje se mlazni beton izbacuje na površinu (mlaznica za nabacivanje).

Kako bi se ubrzalo vezivanje betona, dodaju se praškasti ili tekući dodaci. Praškasti dodaci ubacuju se prije dodavanja suhe mješavine u stroj, a tekući se posebnom pumpom dodaju suhoj mješavini na samoj mlaznici. Vodu se dovodi posebnim crijevom te se onda dodaje suhoj mješavini neposredno prije mlaznice. Vodocementni faktor karakterističan za suhi postupak je 0,35 – 0,5. Ovaj postupak se koristi kada se štite manje površine, a potrebno je postignuti što veću početnu čvrstoću. Prednosti postupka su u tome što se suha smjesa može dugo skladištiti te se tijekom rada stvaraju puno manje količine otpada. Mana je stvaranje velike količine prašine tokom rada i veći troškovi izvedbe. [18]

Mokri postupak se izvodi na način da je beton prije pripremljen u tvornici te smješten u uređaj iz kojeg se vrši prskanje betona po pokosu. U uređaj se stavlja agregat, voda, aditivi i cement, a vodocementni faktor se kreće oko 0,45. Ova metoda se primjenjuje kada je potrebno prekriti velike površine i postići veliku kvalitetu izvedbe. Prednosti se brojne; manje prašenja što stvara povoljnije uvjete rada, manji troškovi cjelokupne opreme, puno veći kapacitet izvedbe što rezultira betonom visoke kvalitete. Nedostaci su u količini otpada koja se stvara tokom rada te je potrebno puno više njege nego u suhom postupku da bi se postigla planirana čvrstoća. Propisano je maksimalnih 90 minuta u roku kojih treba izvesti ugradnju mlaznog betona od vremena miješanja. [18]

Ukoliko se nakon nanošenja drugog sloja mlaznog betona planiraju vršiti kontrolna ispitivanja nad nekim štapnim sidrima, potrebno je prije nanošenja drugog sloja, a nakon

prvog sloja mlaznog betona, izvesti propisanu zaštitu sidara. Kada je završeno ispitivanje sidara, glave se ponovno trebaju zaštititi mortom ili mlaznim betonom.

Za kvalitetnu ugradnju mlaznog betona potrebno je osigurati tlak od 0,35 – 0,40 MPa komprimiranog zraka. Tlak ovisi o duljini transportne cijevi. Treba osigurati da je vrijednost tlaka vode na mlaznici veći od vrijednosti tlaka komprimiranog zraka za 0,1 MPa. Mlazni beton se nanosi odozdo prema gore. Mlaznica mora biti usmjerena okomito na plohu, a podebljavanje sloja se izvodi na način da se zakreće mlaznica u koncentričnim krugovima. Mlazni beton se nanosi s udaljenosti od 1,0 – 1,5 m od stijene. Njegovanje mlaznog betona je propisano na 7 dana zalijevanjem vodom ili prekrivanjem pokrivačima karakteristične vlažnosti (juta ili filter plastica). [24]

5.6.12. Armiranobetonski jastuci

Na mjestima gdje su u građevnoj jami prisutne neravnine potrebno je iste zapuniti. Armiranobetonskim jastucima se zapunjavaju neravnine tako da se savije armaturna mreža Q 188 u spiralu te takva postavi u udubinu. Po potrebi se armaturnu mrežu fiksira štapnim sidrima. Karakteristike štapnih sidra (B500B) kojima se fiksira armaturna mreža: minimalni vanjski promjer je $\phi = 32,0 \text{ mm}$ i duljine $L = 3,0$ metara. Na postavljenu armaturu nanosi se mlazni beton u sloju od 10,0 cm razreda C 24/30. [24]

5.6.13. Armiranobetonski potporni zid

Na sjeverozapadnom dijelu izvodi se armiranobetonski potporni zid. Izvedba se vrši betonom razreda tlačne čvrstoće C 30/37. Klasa izloženosti je XC2, a dimenzije zida su visina $H = 10,32 \text{ m}$ i duljina $L = 19,0 \text{ m}$. Samobušivim sidrima kojima je minimalna duljina sidrišne dionice 6,0 metra se osigurava armiranobetonski potporni zid. Karakteristike samobušivih sidra kojima se osigurava stabilnost armiranobetonskog potpornog zida: minimalni vanjski promjer je $\phi = 73,0 \text{ mm}$ i minimalne sila pri popuštanju $F_{0.2,k} = 830,0 \text{ kN}$. Armiranobetonski zid se izvodi pomoću vertikalnih kampada koje će pratiti ugradnju samobušivih sidara. Samobušiva sidra se pritežu u fazama.

Kada se izvede prva kampada zida priteže se najdonji red sidara na silu $P_0 = 30,0 \text{ kN}$, zatim drugi red nakon druge kampade na silu od $P_0 = 30,0 \text{ kN}$ te treći red na silu od $P_0 = 100,0 \text{ kN}$. U konačnici se prvi i drugi red dodatno pritežu na silu od $P_0 = 100,0 \text{ kN}$.

Zahtijevana i propisana tehnička svojstva betona za izvedbu armiranobetonskog potpornog zida:

- Razred tlačne čvrstoće: C 30/37,
- Razred izloženosti okolišu: XC 2,
- Maksimalna količina klorida: 0,20 %
- Minimalna količina cementa: 280 kg/m³

Armiranobetonski potporni zid:

- Ukupna visina: $H = 10,32$ m
- Debljina zidnog platna: $d = 0,50$ m
- Debljina temelja: $d_1 = 0,60$ m
- Širina temelja: $B = 3,00$ m
- Armatura platno: mreža Q-524 i Q-785, B500B
- Poprečna armatura temelja: šipke $\phi 16 \setminus 15$ cm i $\phi 24 \setminus 15$ cm
- Uzdužna armatura temelja: šipke $\phi 20$ i $\phi 24$, mreža Q-785
- Zaštitni sloj betona: $c = 5,0$ cm

5.6.14. Procjednice

Procjednice su PVC cijevi koje se izvide od materijala kao što je tvrdi PVC. Na lokaciji zahvata postavljaju se procjednice kako bi eliminirale hidrostatske pritiske. Duljina procjednica je $L = 2,0$ m, a minimalan nazivni promjer je 50,0 mm. S obzirom na raster sidara prilagođava se raster procjednica. [24]

5.6.15. Inženjerskogeološko kartiranje

Tijekom izvedbe radova, s napredovanjem iskopa, potrebno je kontinuirano obavljati inženjerskogeološko kartiranje. Izvodi se od strane geologa te se u konačnici dobiva inženjerskogeološki izvještaj sa razvijenim pogledom i presjecima. Izvođač je dužan prije provedbe inženjerskogeološkog kartiranja oprati stijensku masu po tlakom. Za kvalitetno provođenje kartiranja potrebno je označiti osi građevine i visinske kote.

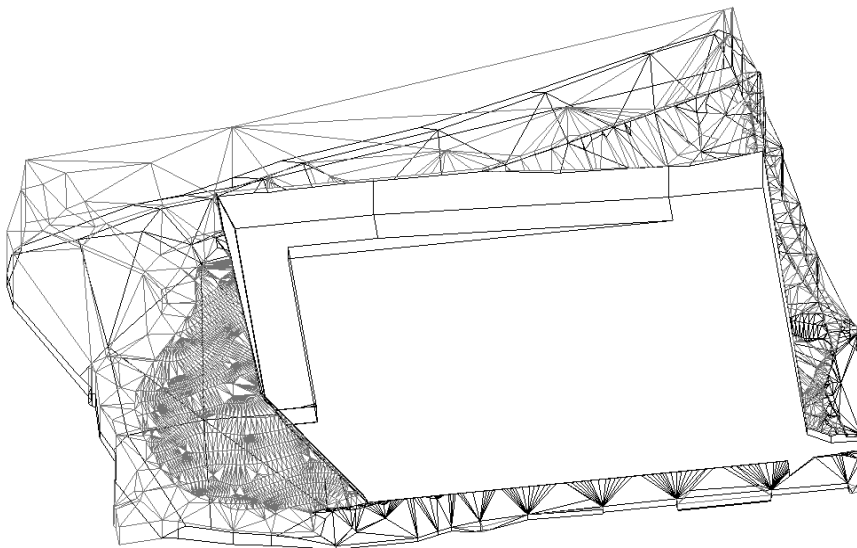
6. IZRADA BIM MODELA

6.1. Tijek izrade BIM modela u Allplanu 2018

Allplan 2018 je program BIM tehnologije tvrtke Nemetschek. Pomoću BIM alata za projektiranje pruža opsežnu funkcionalnost. Posebna prednost je da se radni crteži mogu raditi isključivo u 3D modelu ili kombinacijom 2D-a i 3D-a. Samim time osigurana je brža i kvalitetnija izrada nacрта. Program ima visoku preciznost i pouzdanost te se sastoji od dva modula: Allplan Arhitektura i Allplan Konstrukterstvo. Allplan Arhitektura sadrži alate za cijeli proces projektiranja uz koje je moguća izrada projekta od prve skice do glavnih nacрта. Allplan Konstrukterstvo sadrži alate koji omogućavaju cijeli proces projektiranja za konstruktore i ostale projektante. Moguće je 3D projektiranje planova oplata i armature do najsitnijih detalja što smanjuje mogućnost pogreške.

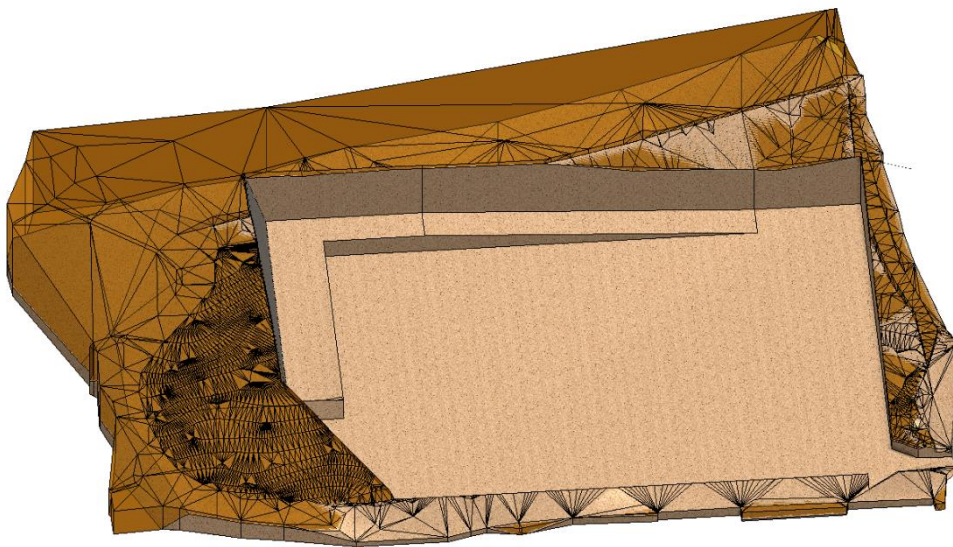
Projekt osiguranja građevne jame modeliran je u Allplanu 2018. U nastavku poglavlja opisan je tijek izrade BIM modela sa pratećim vizualizacijama i detaljnijim objašnjenjima naredbi.

Allplan sadrži više vrsta vizualizacija. Slike 49, 50 i 51 prikazuju model terena u različitim vrstama vizualizacija. Žičana animacija na slici 49. prikazuje konture modela bez ispune.



Slika 49. Model terena u Žičanoj animaciji

Na slici 50 nalazi se prikaz modela u animaciji sa dodijeljenom 3D površinom prikaza terena.



Slika 50. Model terena u animaciji

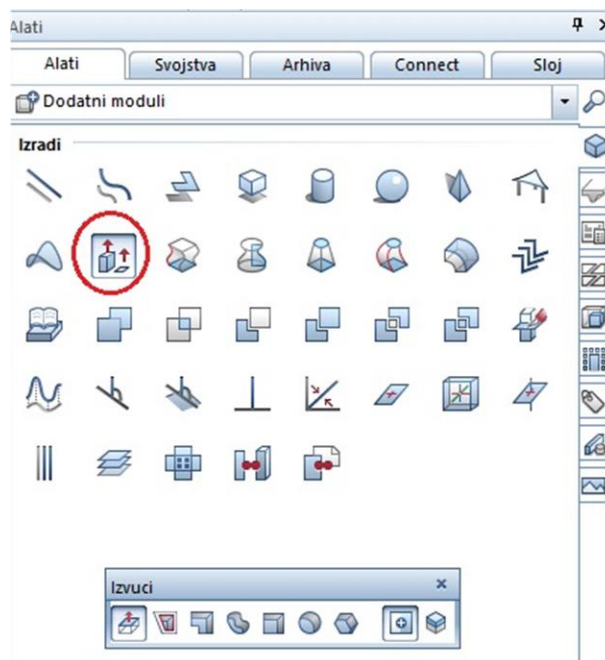
Slika 51. prikazuje model terena obrađen u RTRender prikazu. Koristi se za prikaz trenutnog pogleda na model te ako se promijeni kut gledanja, Allplan ponovno započinje s obradom slike u RTRenderu. Kvaliteta slike ovisi o vremenu renderiranja. Vrijeme obrade slike 45 je 16 minuta.



Slika 51. Model terena u RTRender animaciji

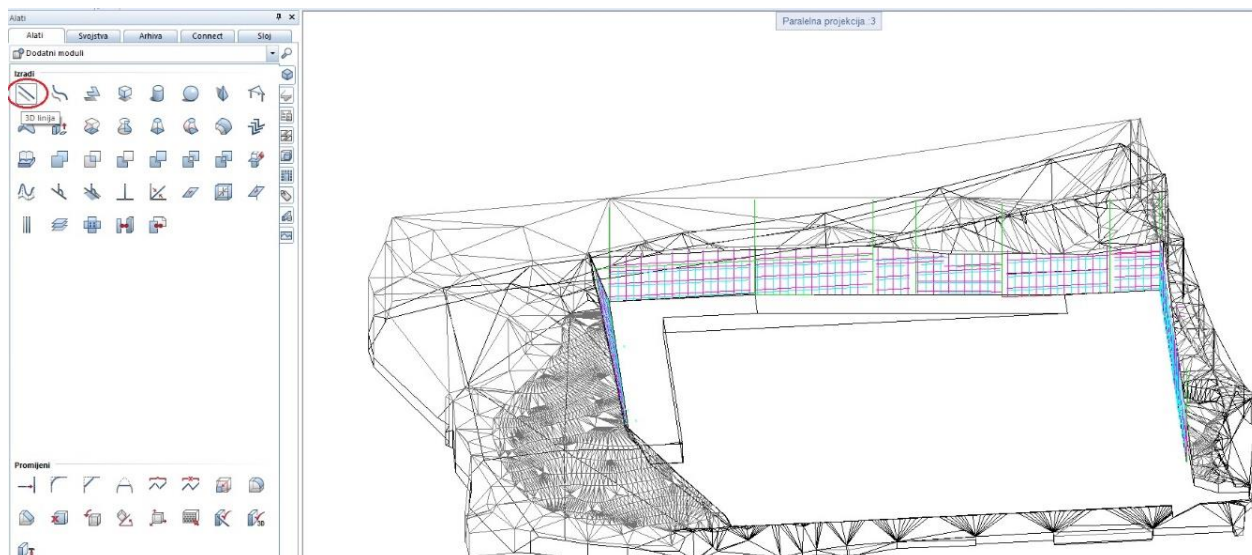
Model terena prikazan na slikama 49, 50 i 51 poslužio je kao baza za izradu projekta osiguranja građevne jame.

Za izvedbu mlaznog betona na sva 4 segmenta građevne jame koristi se naredba „Izvuci“ (eng. Extrude) u modulu „Dodatni moduli“. Naredba je prikazana na slici 52. Mlazni beton je modeliran na način da je pomoću navedene naredbe označeno lice građevne jame u obliku plohe te je pomoću podnaredbe „Translacijsko tijelo“ ploha pomaknuta za debljinu od 10 cm, koliko iznosi debljina mlaznog betona.



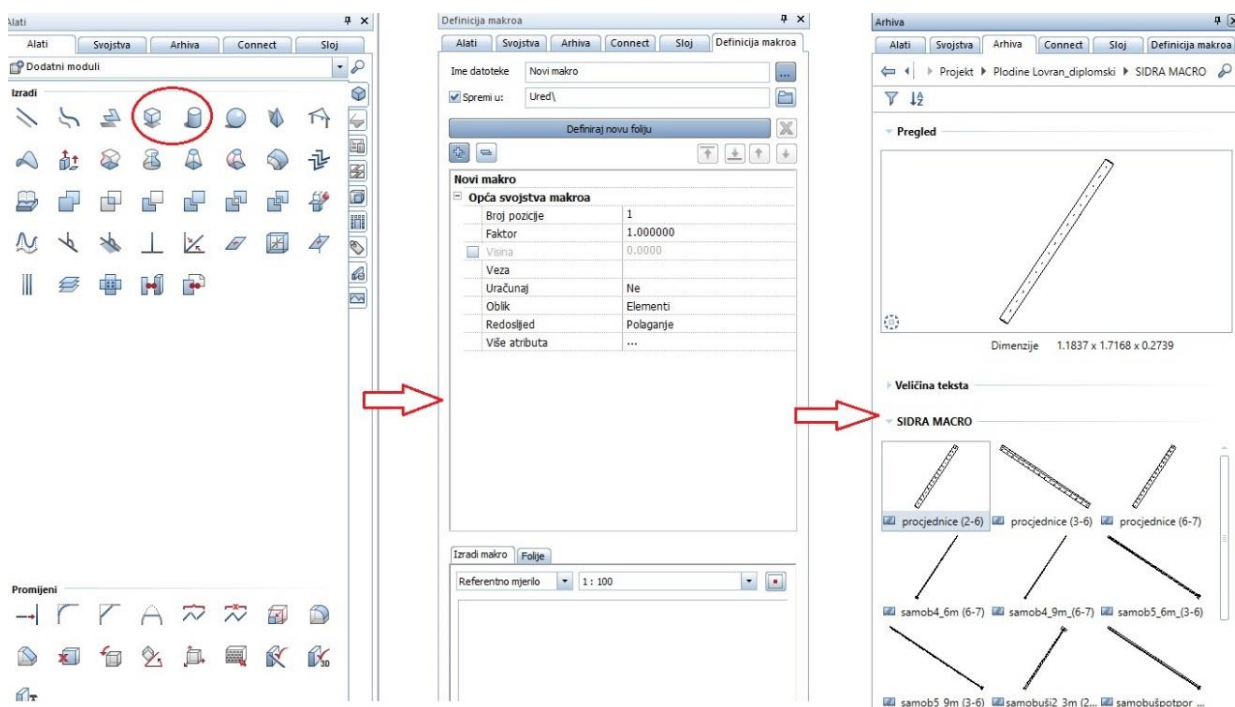
Slika 52. Naredba „izvuci“ (eng. Extrude)

Slika 53 prikazuje pomoćne linije (za izvedbu štapnih sidara i procjednica) izvedene pomoću naredbe „3D linije“ u modulu „Dodatni moduli“. Pomoćne linije postavljaju se kombinacijom 2D i 3D pogleda. Kod pomoćnih linija je bitno da se ne izvode klasičnom naredbom za linije (u modulu „Zajednički moduli“) jer moraju biti vidljive u 2D i 3D pogledu pošto se sidra modeliraju isključivo u 3D pogledu.



Slika 53. Pomoćne linije modela

Nakon postavljenih pomoćnih linija slijedi modeliranje štapnih sidara. U Allplanu ne postoji naredba za izvedbu štapnih sidra pa postupak modeliranja započinje s upotrebom naredbi „Kvadar“ i „Valjak“. Kvadar dimenzija: 20 x 20 cm sa debljinom 5 cm predstavlja podložnu pločicu, a valjak određenog promjera i duljine predstavlja sidrenu šipku. Slijedi povezivanje ova dva elementa u jedan pomoću naredbe „Makro“ u modulu „Dodatni moduli“. Pomoću ove naredbe sprema se sidro određenih dimenzija kao jedan element u arhivu te se može postavljati po licu građevne jame. Na isti način modeliraju se i procjednice pomoću naredbe „Valjak“. Na slici 54. prikazan je postupak modeliranja štapnih sidara i procjednica.



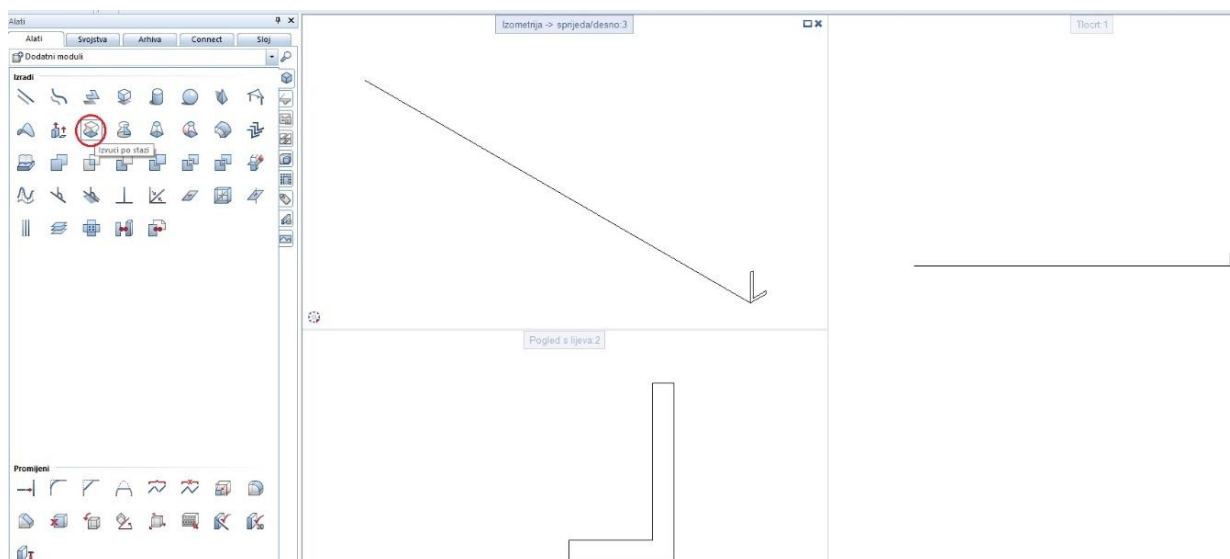
Slika 54. Postupak modeliranja štapnih sidara i procjednica

Slika 55. prikazuje procjednicu i štapno sidro duljine 6 m.



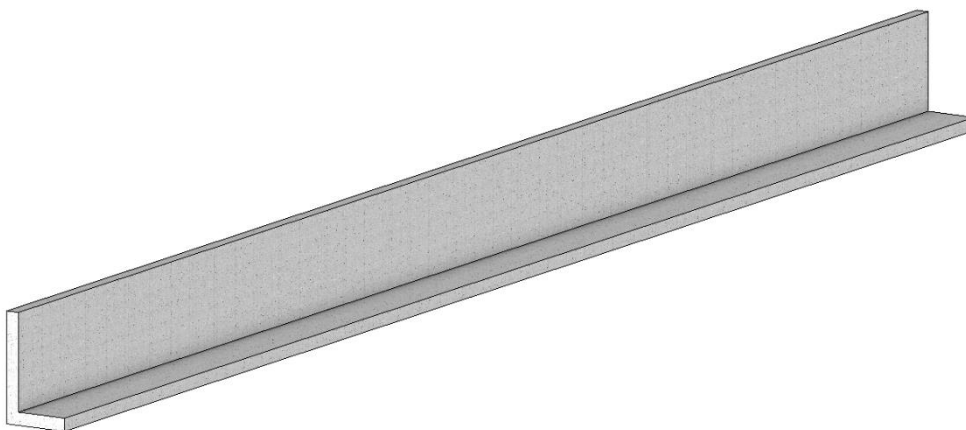
Slika 55. Štapno sidro i procjednica

Za modeliranje naglavnih greda i potpornog zida koristi se naredba „3D linija“ iz modula „Dodatni moduli“ pomoću koje se iscrtava profil i staza (duljina) naglavne grede. Za konačan model naglavne grede koristi se naredba „Izvuci po stazi“ iz modula „Dodatni moduli“. (Slika 56)



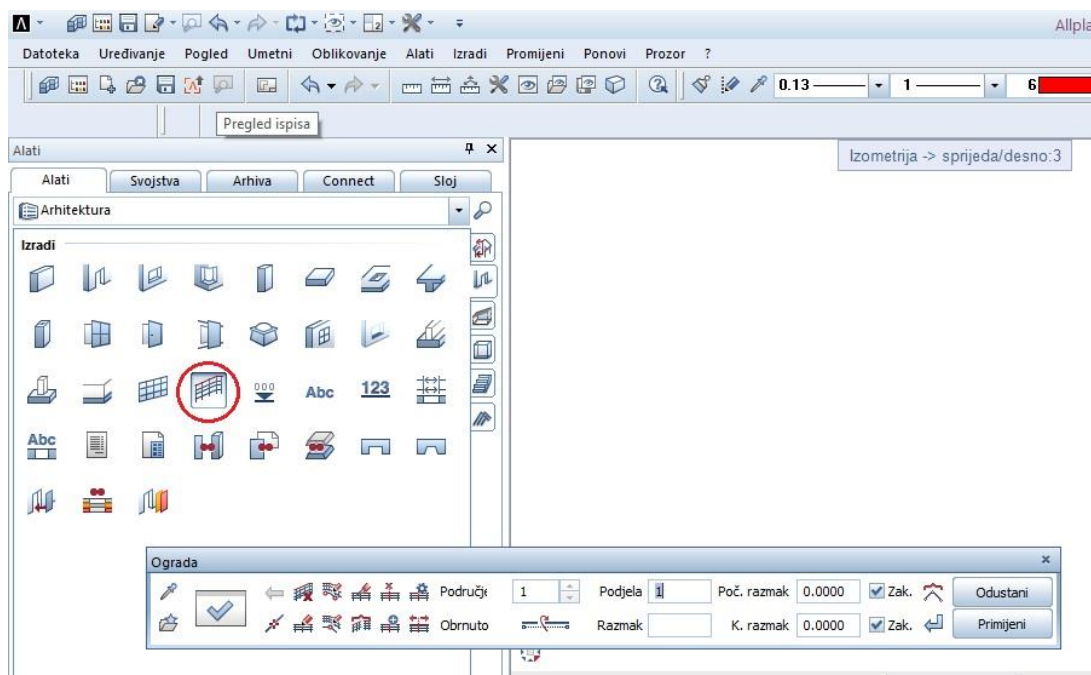
Slika 56. Geometrija naglavne grede

Na slici 57 je prikazan konačan element naredbe prikazane na slici 56 sa dodijeljenom 3D površinom. (Naglavna greda Tip 1).



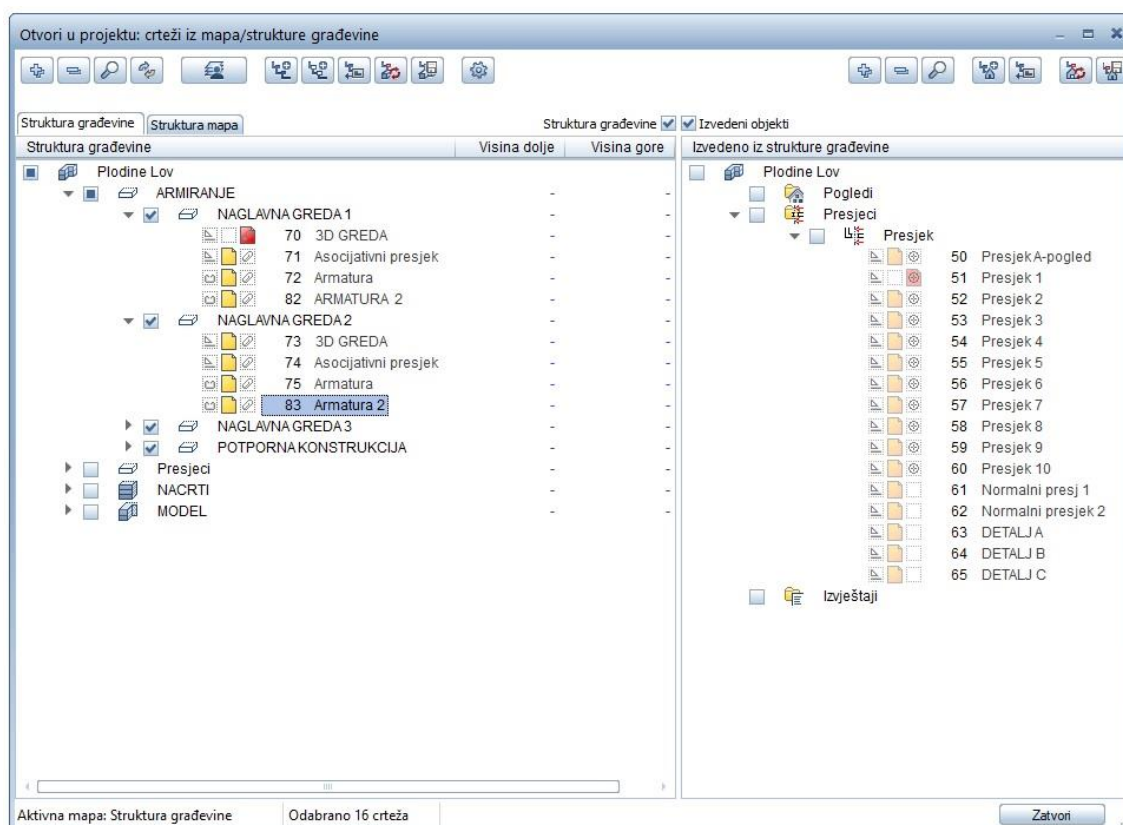
Slika 57. 3D prikaz naglavne grede

Za izvedbu zaštitnog ogradnog sustava koristi se naredba „Ograde“ u modulu „Arhitektura“. Otvara se izbornik gdje definiramo vrstu ograde, štap, rukohvat i polje sa svim pratećim dimenzijama.



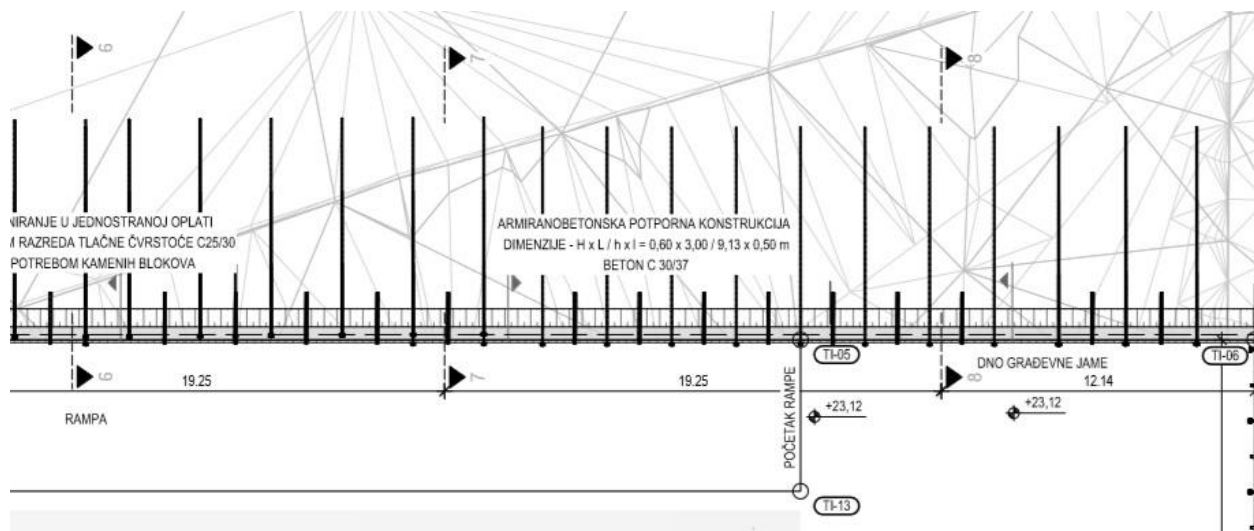
Slika 58. Naredba za postavljanje zaštitne ograde

Struktura građevine (slika 59) predstavlja korisnikov raspored radnih crteža. Raspored bi trebao biti sistematičan i pregledan kako bi omogućio logično snalaženje u radnim crtežima. Pomoću strukture građevine može se aktivirati cijeli 3D model ili isključiti crteže koji trenutno nisu potrebni u preglednom nacrtu. Pregledni nacrt prikazuje samo ono što želimo vidjeti. Crvena boja ispred crteža predstavlja trenutno aktivan crtež u kojem se modelira, žuta boja predstavlja crtež koji nije trenutno aktivan, ali je promjenjiv i siva boja predstavlja trenutno neaktivan i nepromjenjiv crtež.



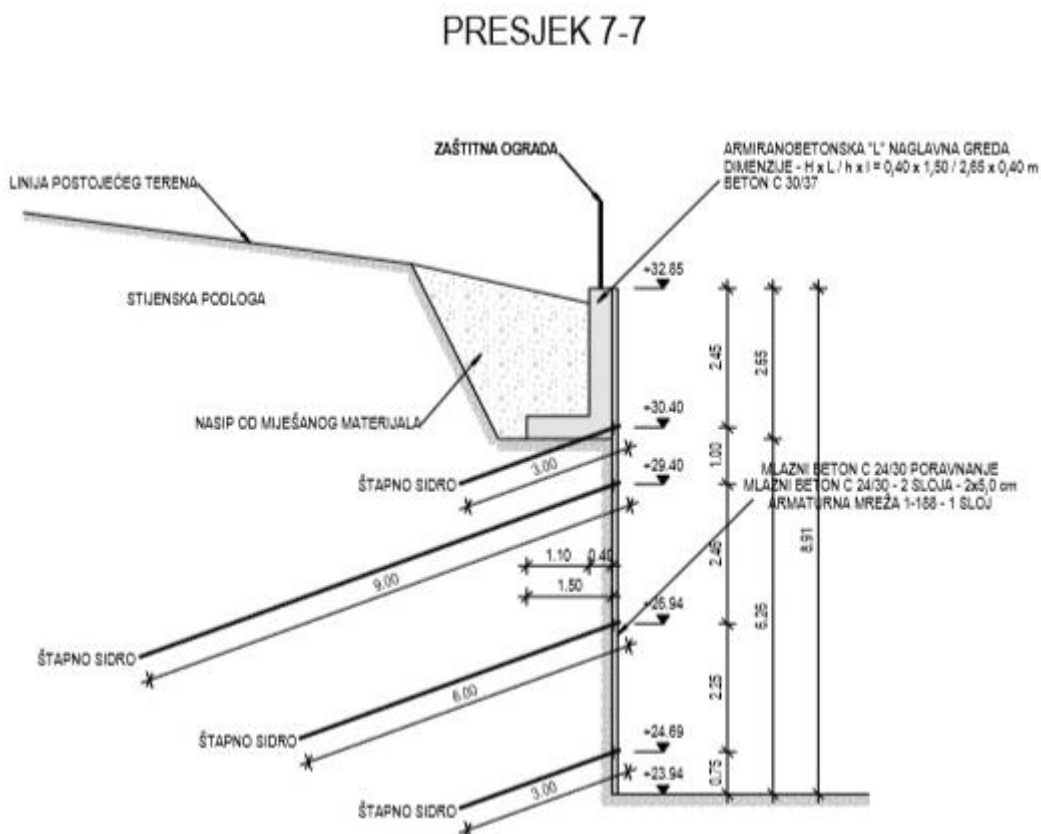
Slika 59. Struktura građevine

Pomoću naredbe „Staza presjeka“ u modulu „Arhitektura“ postavljaju se linije presjeka (slika 60) duž građevne jame te se kasnije presjeci dodjeljuju u crteže prikazane na slici 59. pod „Izvedeno iz strukture građevine“.



Slika 60. Dio građevne jame sa presjecima

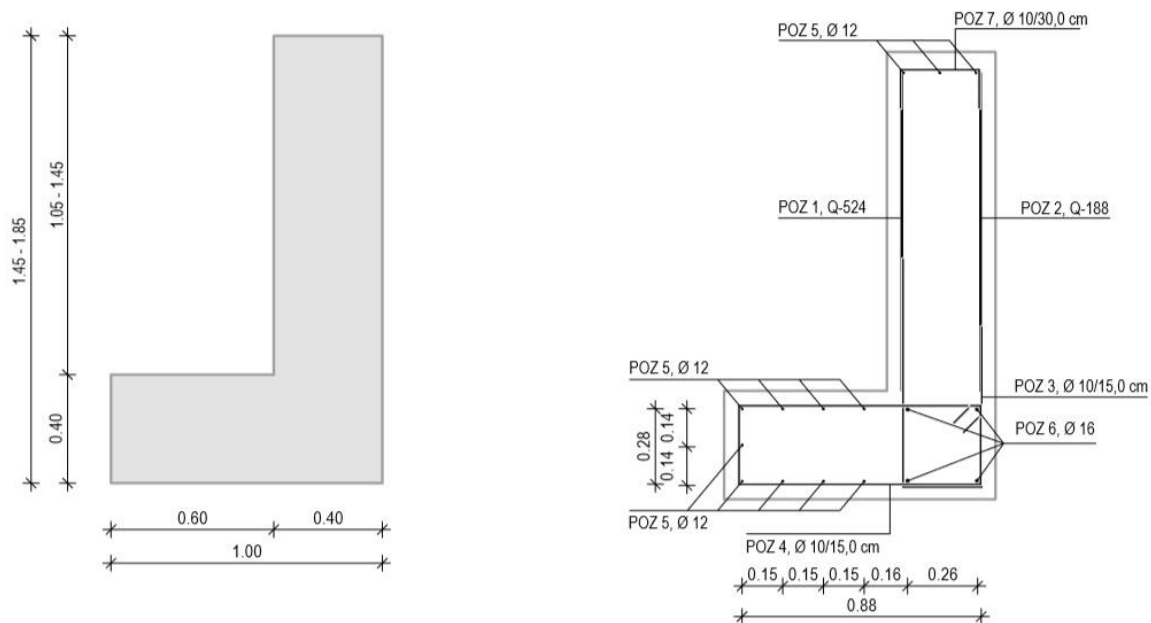
U modulu „Zajednički moduli“ nalaze se naredbe za dodjelu šrafura, stilova linija, ispuna i stilova površine koje su korištene i na primjeru presjeka 7-7 prikazanog na slici 61. Svojstva jednog elementa lako se prenose na drugi pomoću naredbe „Preuzmi“.



Slika 61. Presjek 7-7

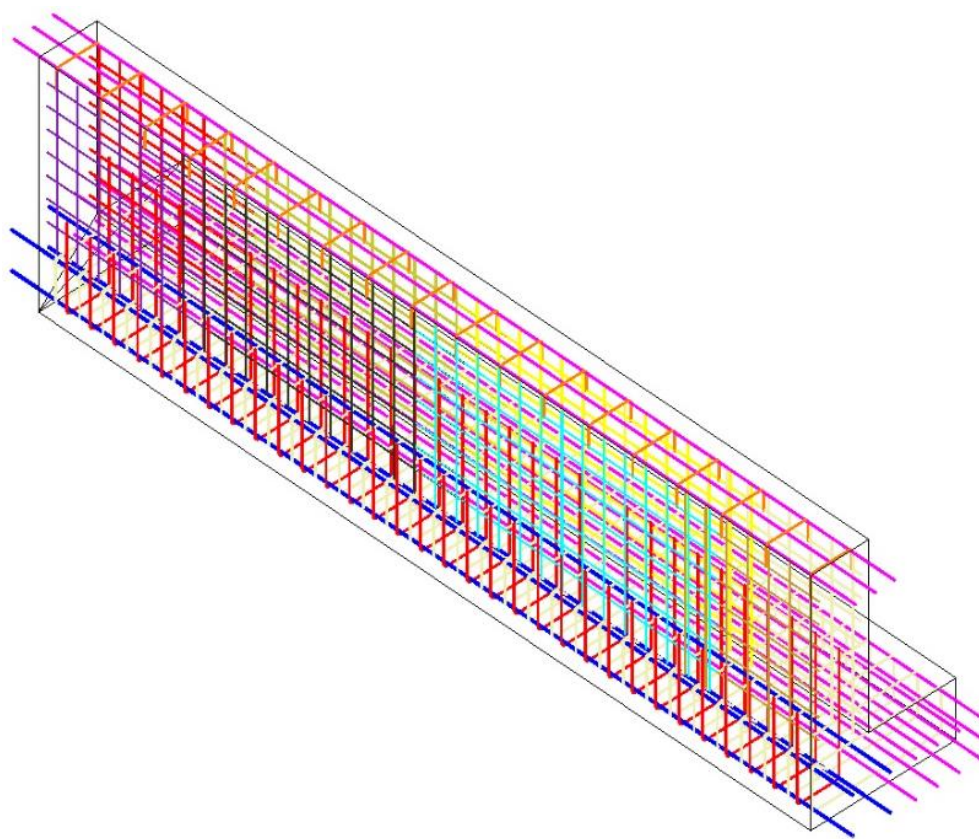
U modulu „Pogledi, presjeci, detalji“ pod „Asocijativnim presjecima“ koristi se naredba „Izradi presjek“ gdje se odabire 3D element (u ovom slučaju Naglavna greda Tip 1), određuje smjer gledanja zadanog presjeka te u konačnici imenuje. Za armiranje naglavne grede važno je koristiti naredbu izrade presjeka iz „Asocijativnih pogleda“ jer sva armatura postavljena u presjeku automatski se generira u 3D modelu. Slika 62. prikazuje asocijativni presjek naglavne grede (tip 1).

Za lakše postavljanje armature, prilikom modeliranja, definira se više asocijativnih presjeka na različitim dijelovima grede.



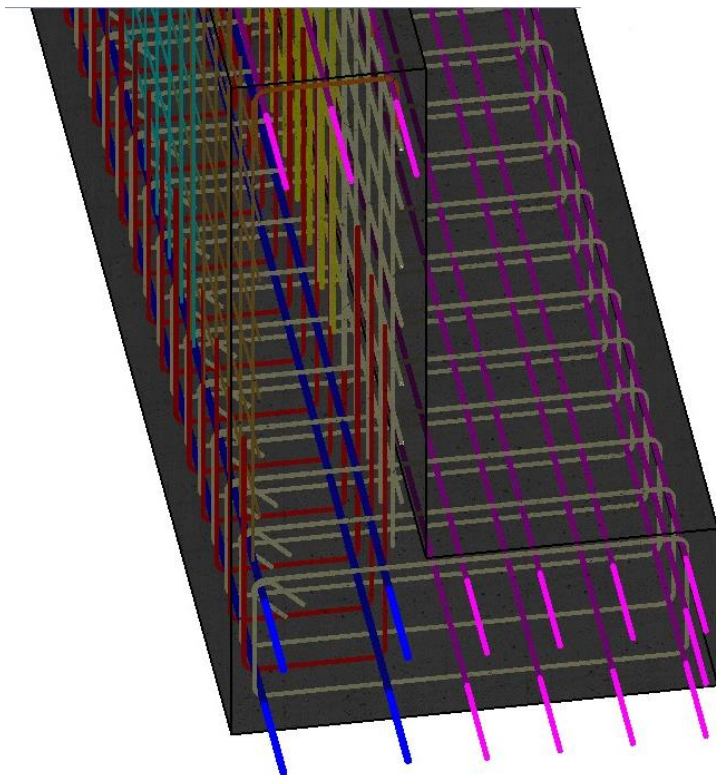
Slika 62. Presjek naglavne grede

Slike 63, 64 i 65 prikazuju armaturu naglavne grede Tip 1 u različitim prikazima.

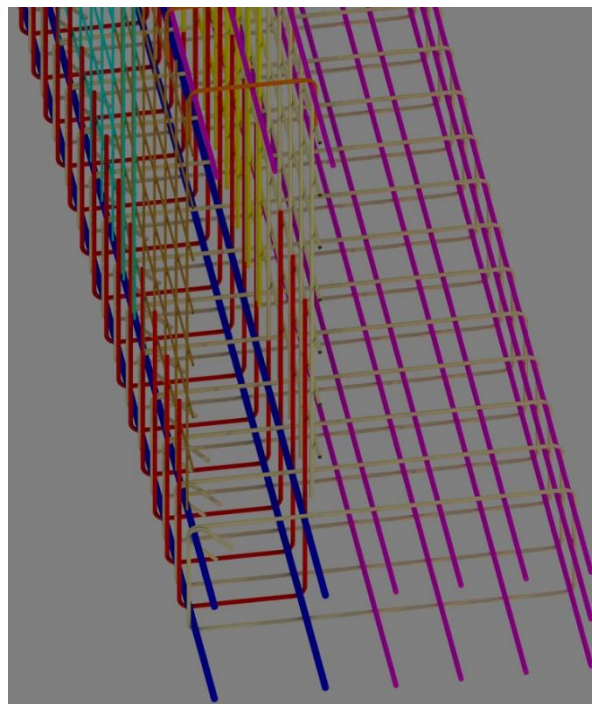


Slika 63. 3D armatura naglavne grede

Na slici 59 prikazana je armatura u RTRender prikazu. Uzdužne šipke prikazane su ružičastom i plavom bojom, otvorene sponne prema dnu - narančastom bojom, sponne otvorene prema vrhu - crvenom bojom, armirane mreže - tamnijom žutom i svijetloplavom bojom te zatvorene sponne - žutom bojom.

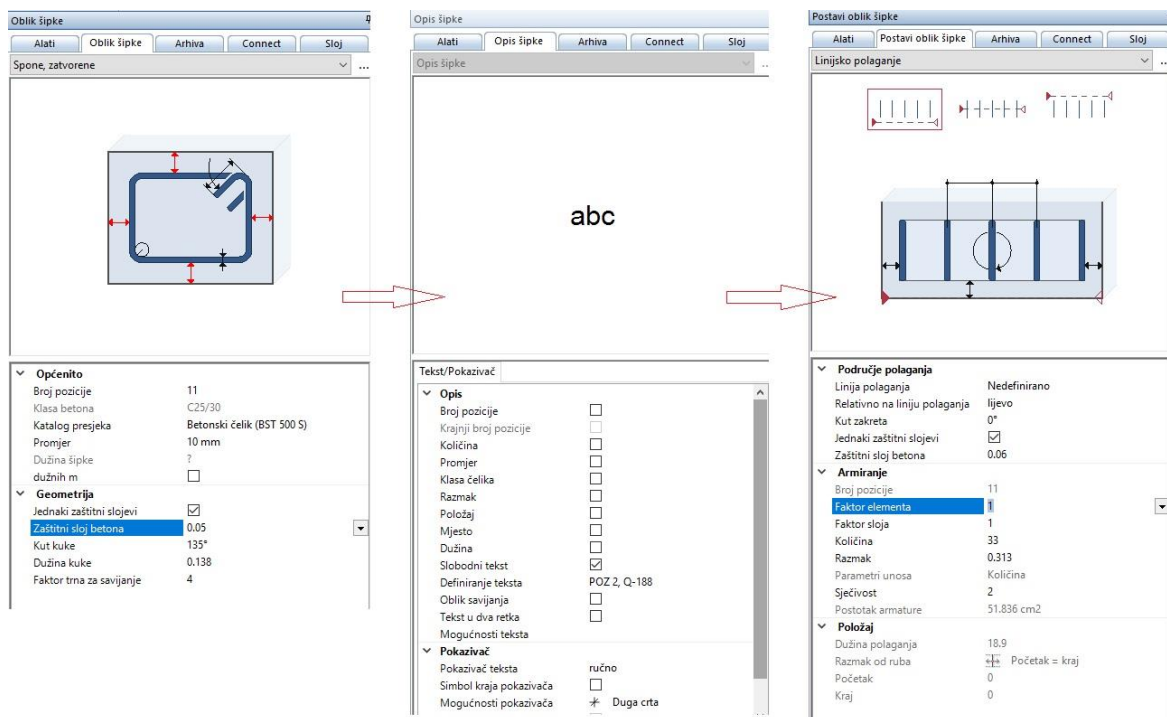


Slika 64. 3D armatura grede (animacija)



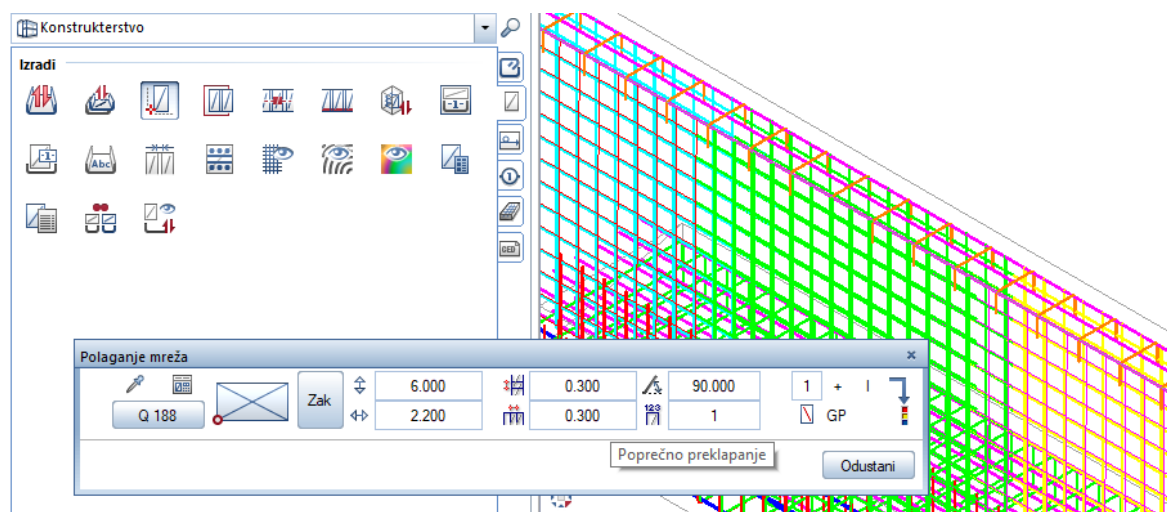
Slika 65. 3D armatura grede (RTRender)

Na primjeru zatvorenih spona prikazan je postupak armiranja (slika 66). Odabire se naredba „Oblik šipke“ u modulu „Konstrukterstvo“. U padajućem izborniku odabire se naredba „Sponne, zatvorene“ i unose se podaci o broju pozicije (4), zaštitnom sloju (6 cm), promjeru ($\varnothing 10$), dužini i kutu kuke (12 cm, 135°). Nakon postavljanja zadane armature u presjeku (slika 69) naglavne grede otvara se prozor gdje se odabiru elementi opisa šipke. U konačnici, otvara se prozor za postavljanje armature duž putanje (duž naglavne grede) u kojem se odabire željeni smjer armature, količina i razmak između postavljene armature. Allplan automatski generira svu zadanu armaturu. U tom procesu dolazi do rotacije spona te se uzimaju u obzir preklopi, konture, nadvoji i dodatna polja.



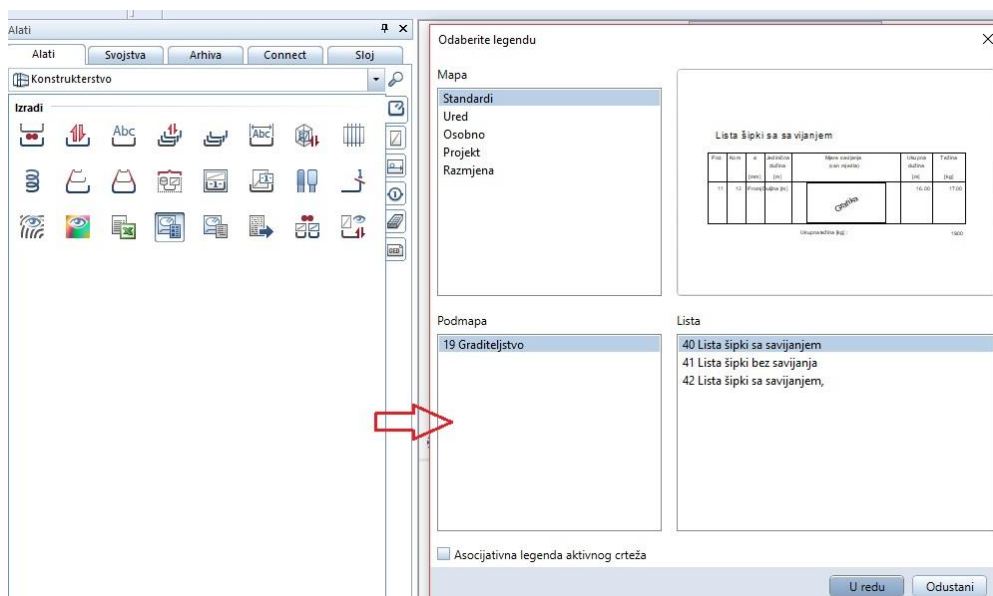
Slika 66. Postupak armiranja (spone)

Za postavljanje armaturnih mreža koristi se naredba „Polaganje mreža“ u izborniku „Armiranje mrežama“ pod modulom „Konstrukterstvo“ (slika 67). Za postavljanje armaturnih mreža, osim tlocrta potrebno je izraditi i pogled elementa. Nakon odabiranja pogleda otvara se izbornik gdje se unosi debljina elementa (naglavne grede) i dubina postavljanja armaturne mreže. Zatim se definira: vrsta mreže (za ovaj slučaj Q-188, Q-524), dužina i širina mreže (dimenzije 6x1, 6x1.2 i 6x1.4), dužinsko i poprečno preklapanje te količina i kut polaganja. Nakon definiranja svih podataka označavamo mjesto postavljanja na unaprijed postavljenom pogledu elementa.



Slika 67. Postupak armiranja (armaturne mreže)

Za izradu kazala armature koristi se naredba „Stvori kazalo armature“ u modulu „Konstrukterstvo“ (slika 68).



Slika 68. Kreiranje kazala armature

Primjer kazala armature za naglavnu gredu tip 1 prikazan je na slici 69. Iz kazala se dobiva izvještaj s podacima o poziciji, broju komada, promjeru, jediničnoj i ukupnoj dužini, grafičkom prikazu određene armature i težini.

SPECIFIKACIJA ARMATURNIH ŠIPKI

POZ	KOM	Ø	JEDINIČNA DUŽINA [m]	MJERE SAVIJANJA	UKUPNA DUŽINA [m]	TEŽINA [kg]
3	33	10	1.75		57.75	35.63
4	33	10	2.64		87.12	53.75
5	12	12	6.00		72.00	63.94
6	4	16	6.00		24.00	37.92
7	18	10	0.60		11.00	6.66
8	4	10	2.56		10.20	6.29
9	4	10	1.15		4.60	2.84
Ukupna težina [kg] :						207.03

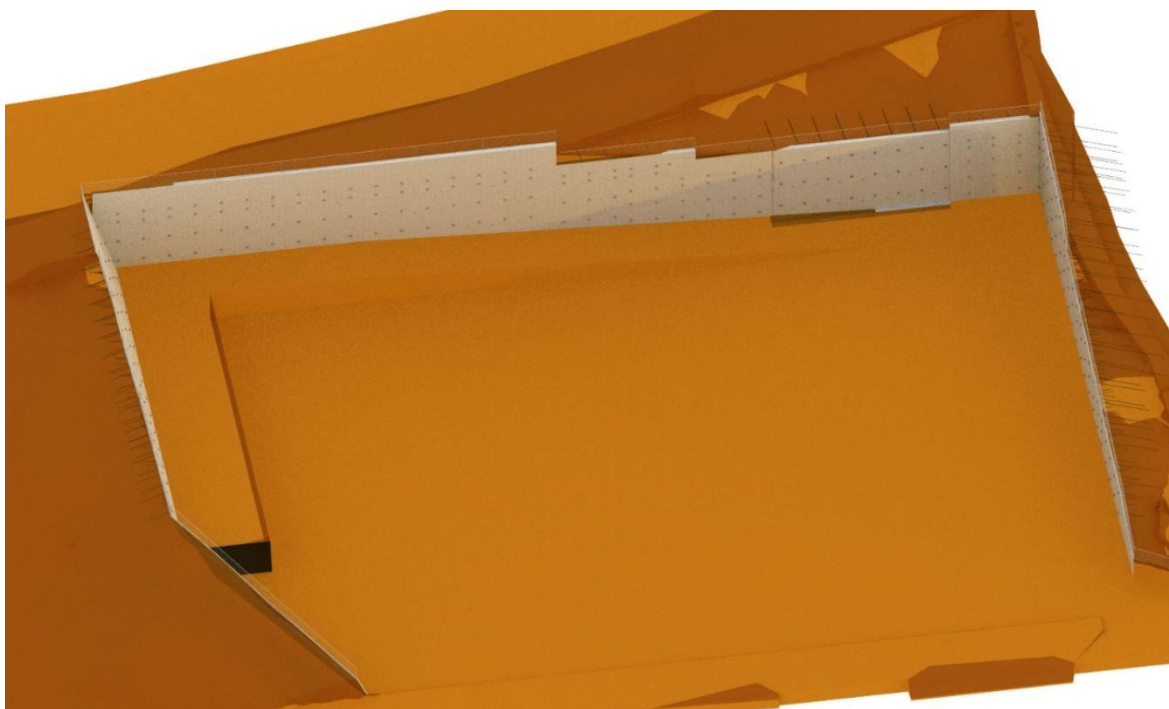
Slika 69. Primjer kazala armature

6.2. Prikaz modela građevne jame

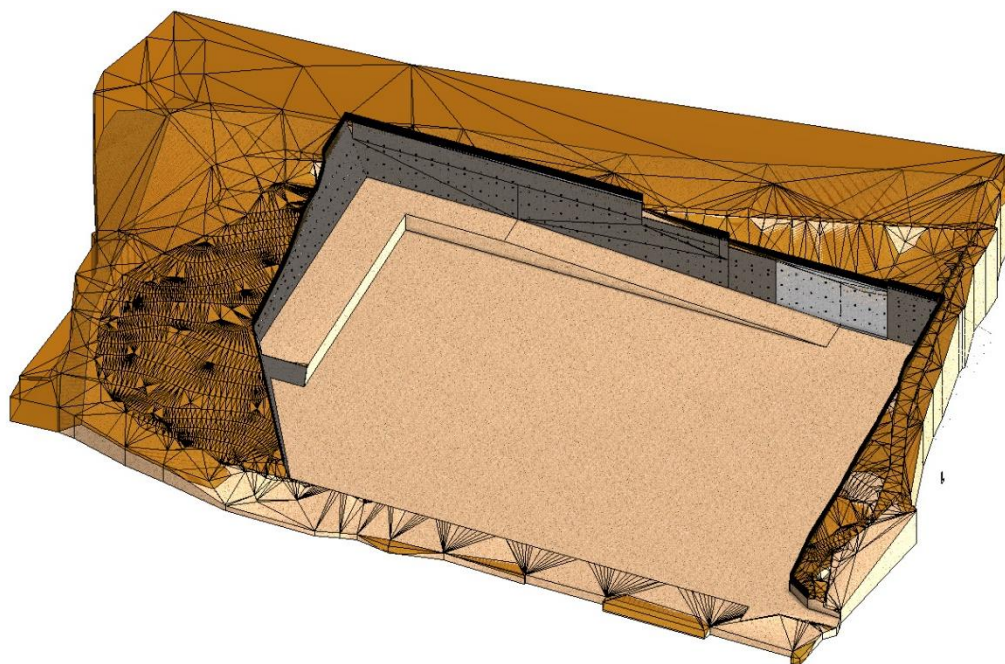
U Allplanu je generiranje nacрта učinkovito i brzo. Dostupne su palete s funkcijama pomoću kojih se jednostavno služi svim parametrima. Izmjene napravljene na modelu automatski se reflektiraju na pročelja, tlocrte i presjeke. Ručno umetnuti elementi upotpunjavaju crtež i zadržavaju se i nakon promjena na modelu.

U nastavku poglavlja prikazane su vizualizacije BIM modela građevne jame sa svim osiguranjima.

Na slikama 70 i 71 prikazan je 3D model građevne jame sa izvedenim osiguranjima u različitim vizualizacijama. Slika 70 sadrži model terena sa dodijeljenom bojom prozirnije teksture kako bi bila vidljiva i ugrađena štapna sidra.

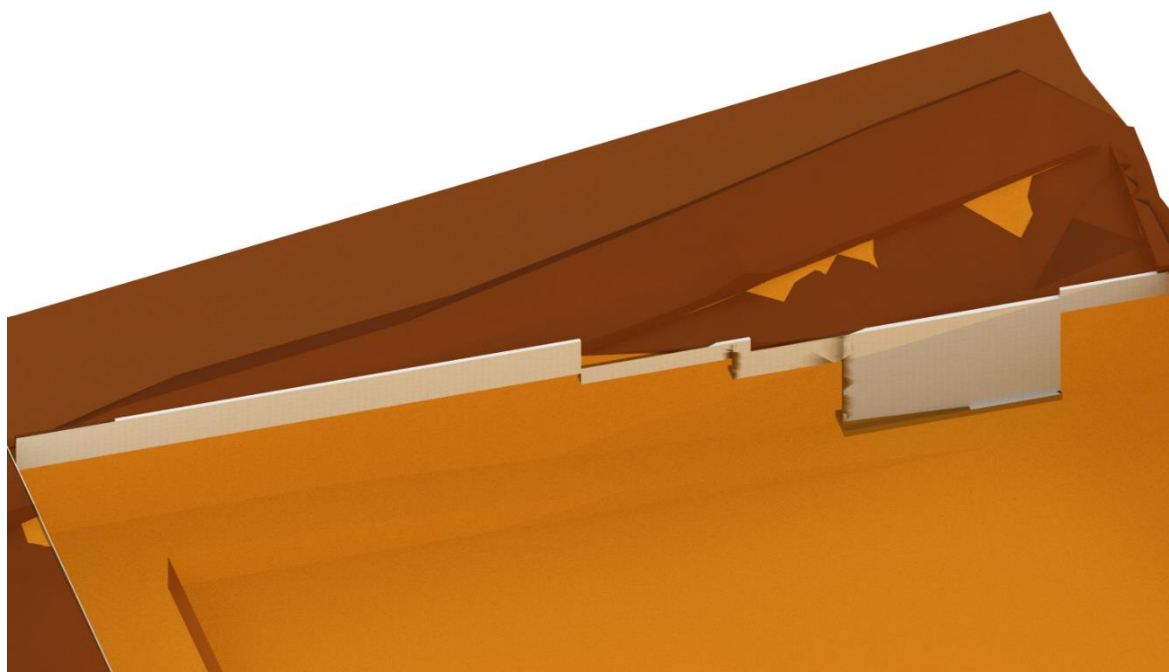


Slika 70. 3D model osiguranja građevne jame (RTRender)

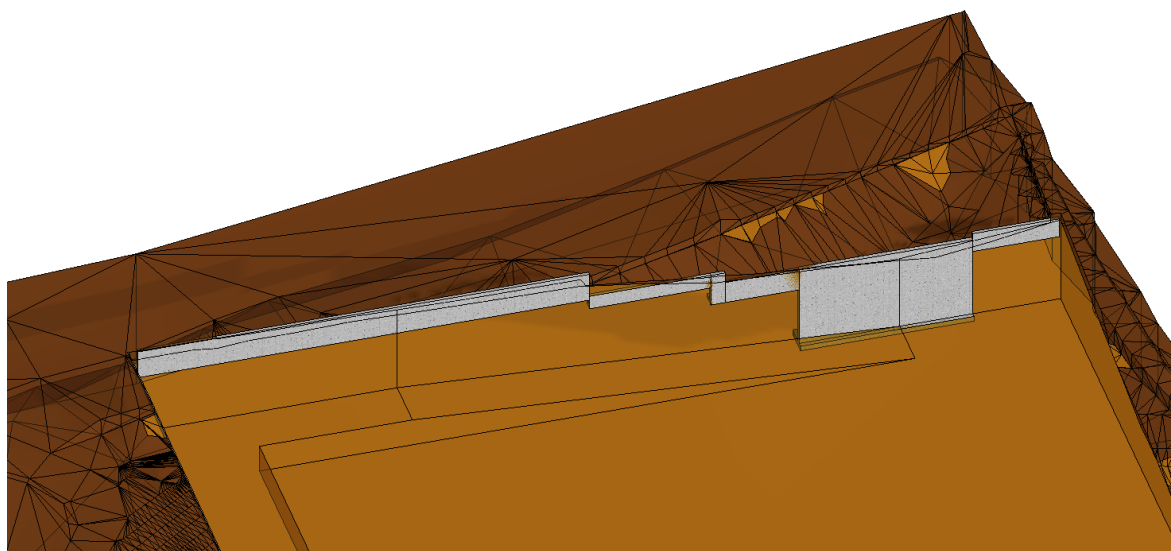


Slika 71. 3D model osiguranja građevne jame (Animacija)

Na slikama 72 i 73 prikazane su naglavne grede (sva tri tipa) i potporni zid. Vizualizacija na slici 72 je obrađena RTRenderom. Vrijeme obrade slike je 20 min.

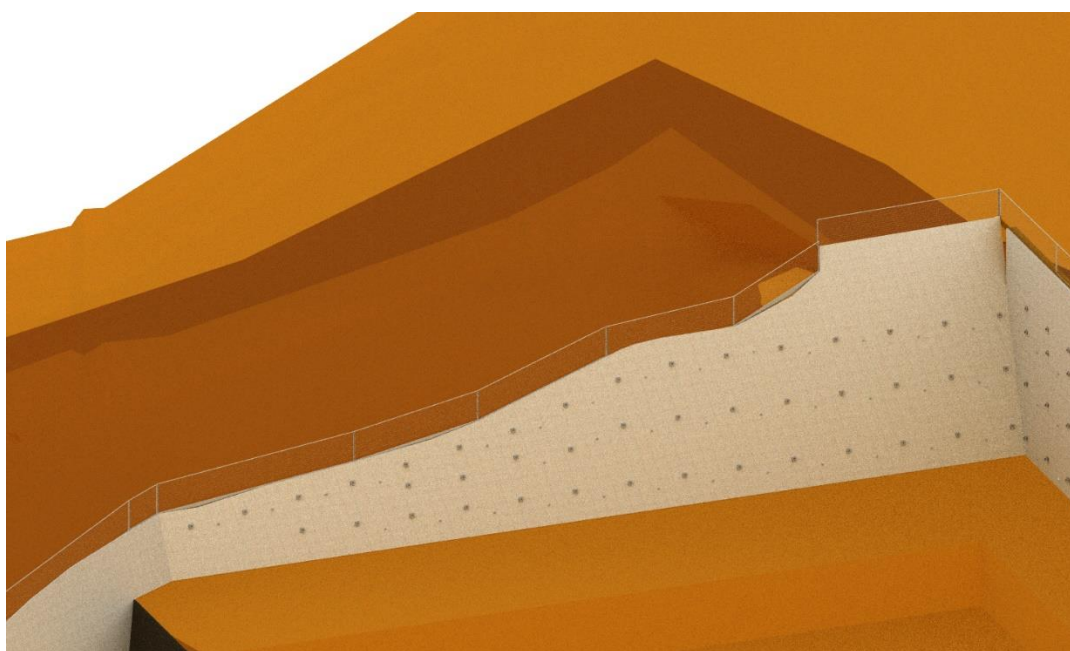


Slika 72. Naglavne grede i potporni zid – prikaz RTRenderom



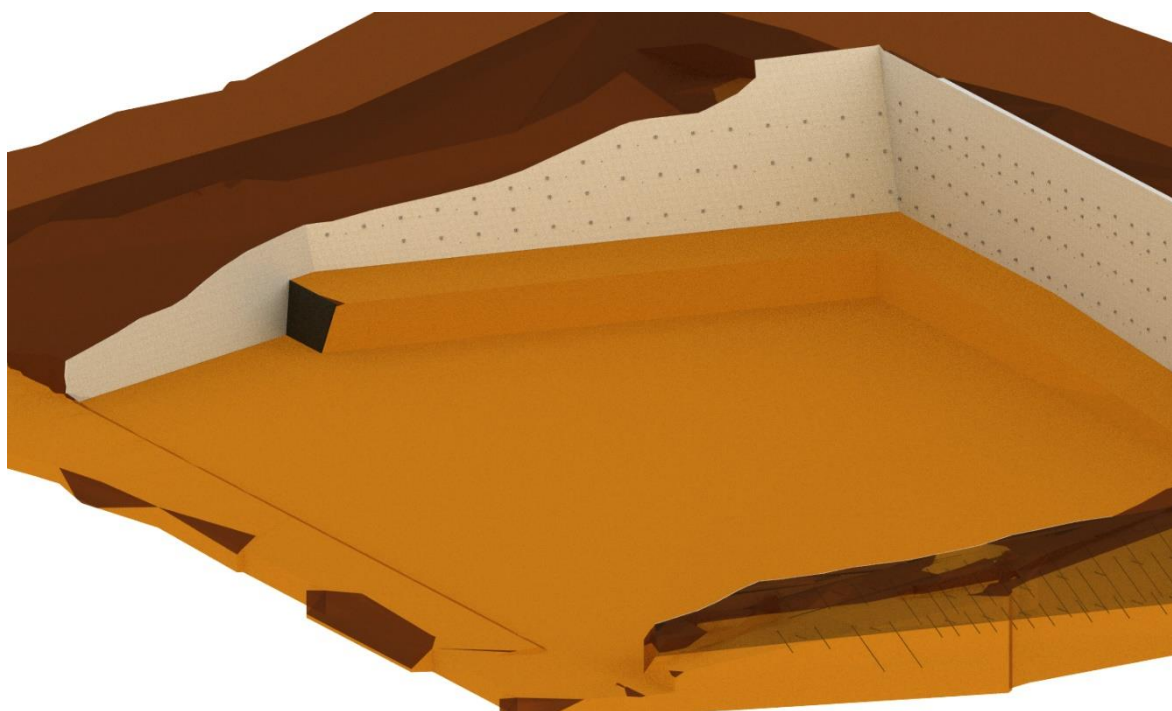
Slika 73. Naglavne grede i potporni zid – prikaz Animacijom

Na slici 74 prikazano je jugozapadni dio građevne jame u nagibu 3V:1H osigurano štapnim sidrima, procjednicama, armaturnim mrežama (postavljene između dva sloja mlaznog betona) i mlaznim betonom. Na vrhu građevne jame postavljena je zaštitna ograda.



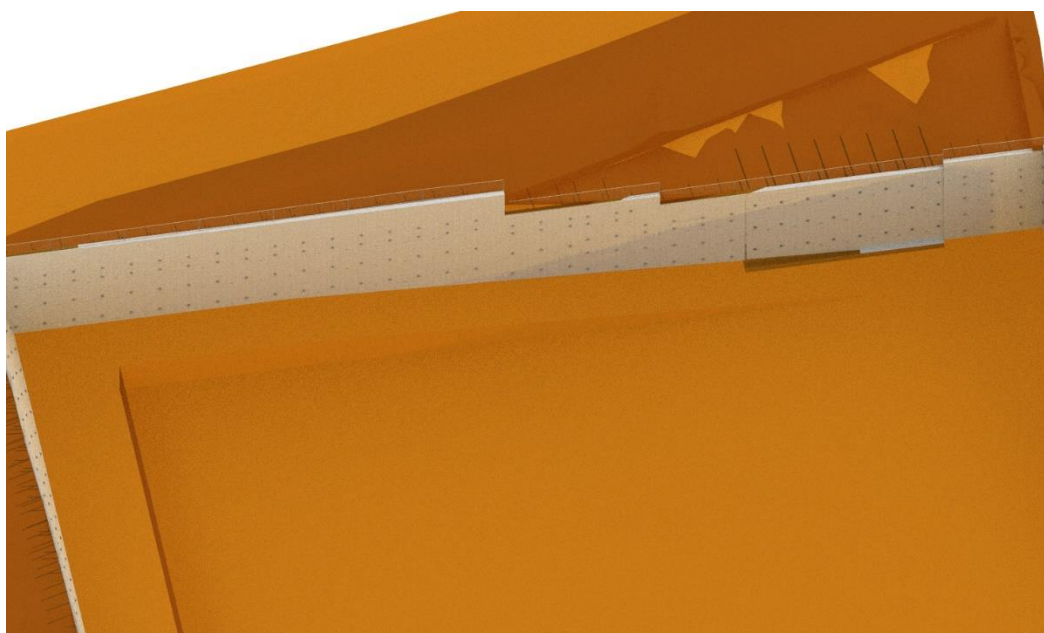
Slika 74. Jugozapadni dio građevne jame

Na slici 75 nalazi se vizualizacija južnog, jugozapadnog i dijela sjeverozapadnog lica građevne jame sa svim osiguranjima.



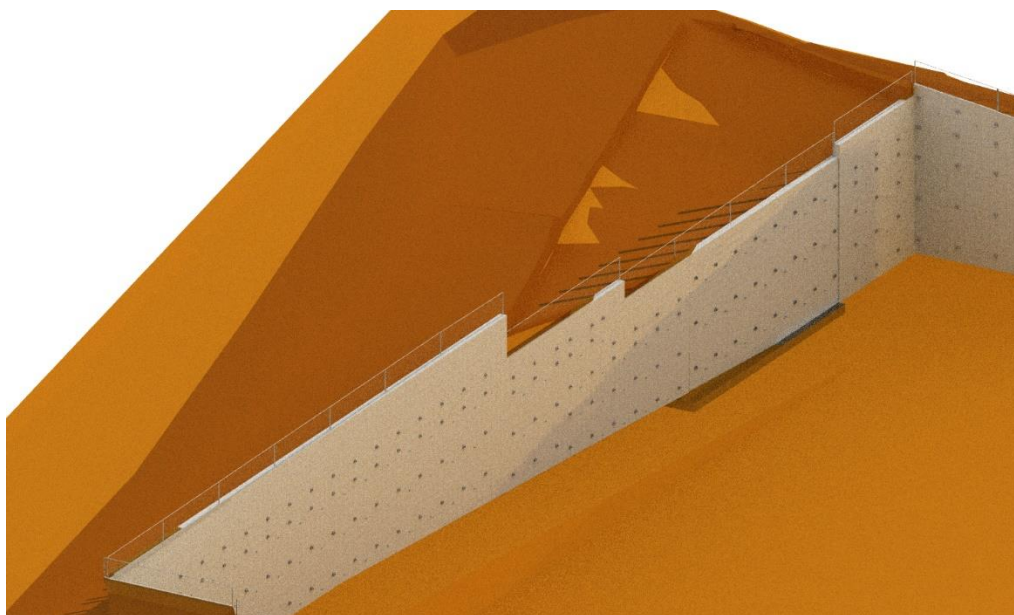
Slika 75. Južni, jugozapadni i sjeverozapadni dio građevne jame

Slika 76 prikazuje vizualizaciju osiguranja sjeverozapadnog dijela građevne jame.



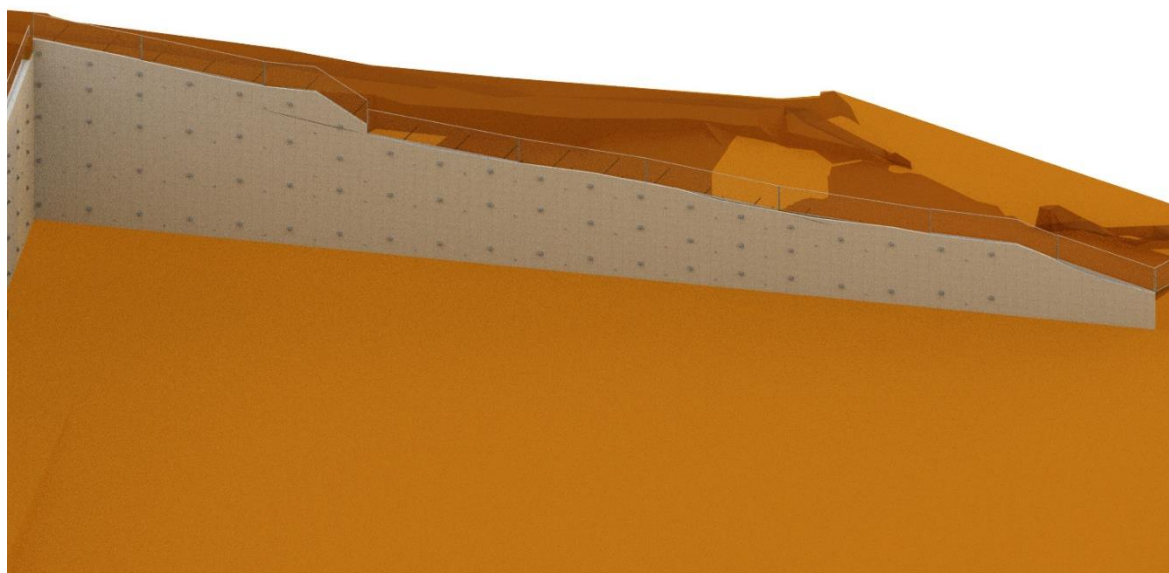
Slika 76. Sjeverozapadni dio građevne jame

Na slici 77 prikazano je osigurano sjeverozapadno i dio sjeveroistočnog lica građevne jame izvedeni u vertikalnom nagibu.



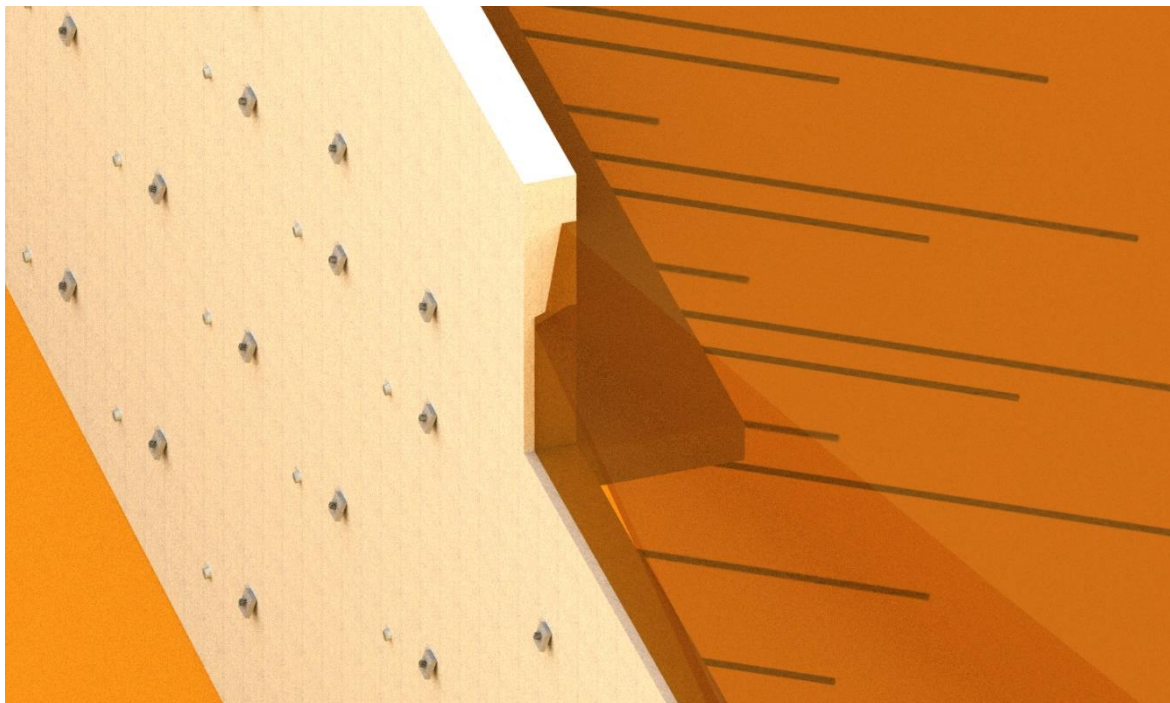
Slika 77. Sjeverozapadni i sjeveroistočni dio građevne jame

Slika 78 prikazuje vizualizaciju osiguranog sjeveroistočnog dijela.



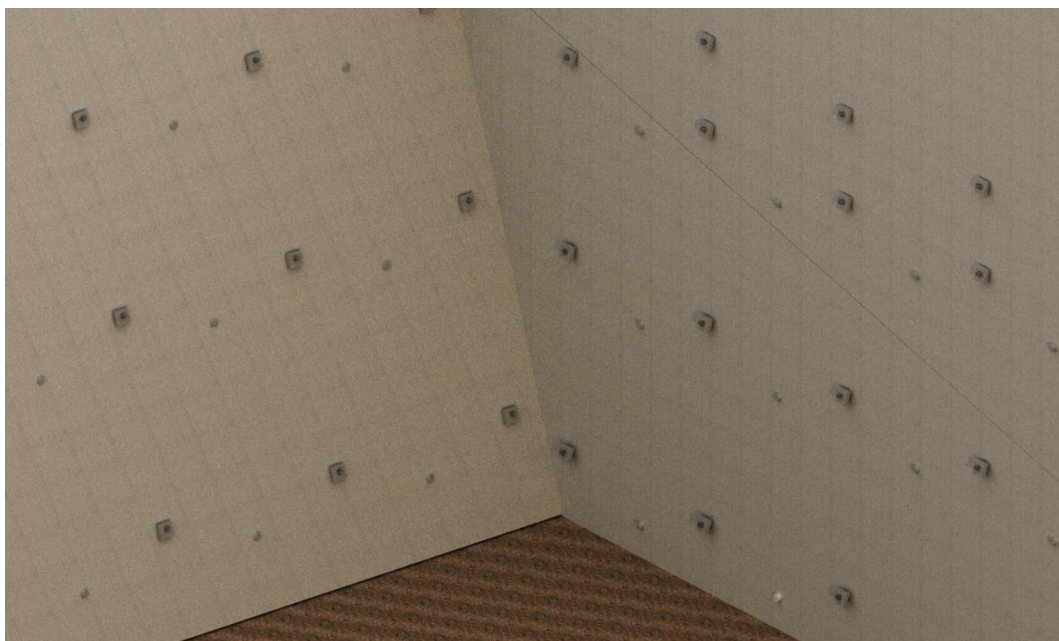
Slika 78. Sjeveroistočni dio građevne jame

Slika 79 i 80 prikazuju osiguranja građevne jame u bližoj perspektivi. Na slici 79 vidljiva su štapna sidra, procjednice i mlazni beton. Teren je prikazan u boji prozirnije teksture pa je vidljiv i drugi dio sidara (ugrađen u teren) te dio naglavne grede.



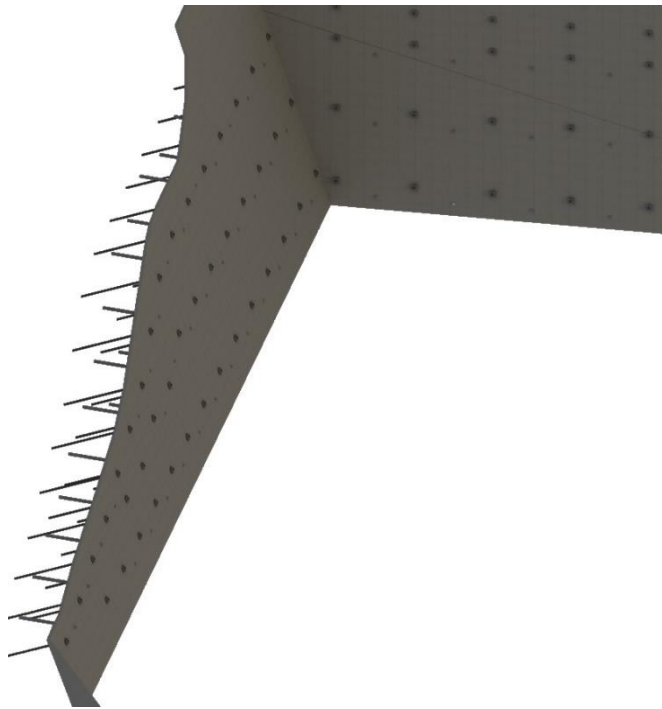
Slika 79. Dio sjeverozapadnog lica

Na slici 80 vidljiva je armaturna mreža postavljena između dva sloja mlaznog betona.

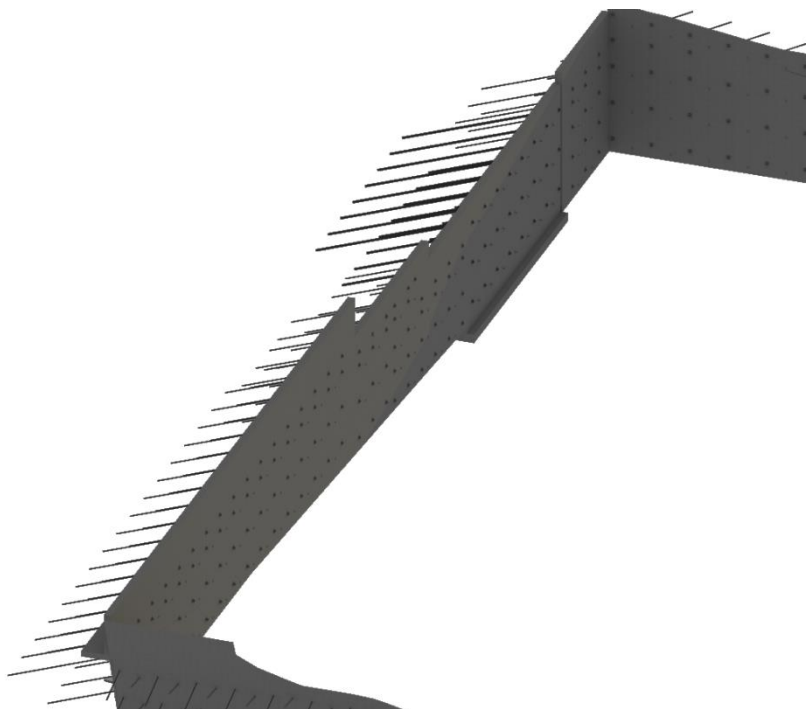


Slika 80. Mjesto sudara jugozapadnog i sjeverozapadnog dijela (T03)

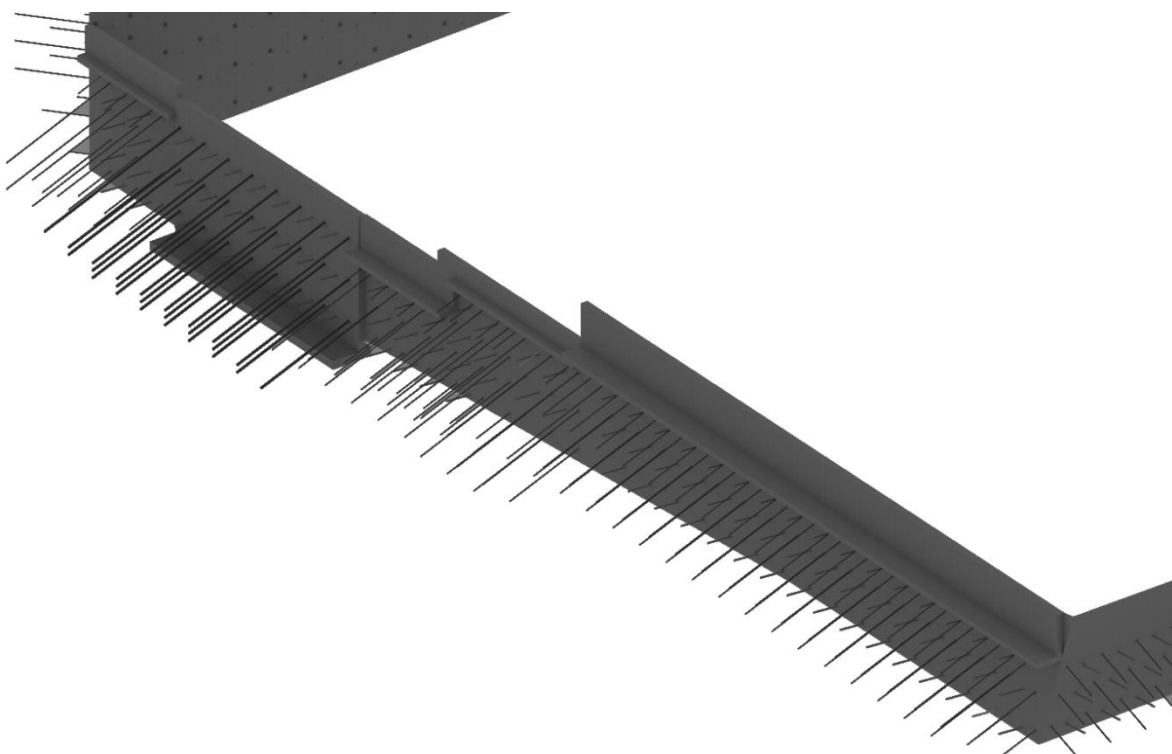
Slike 81, 82, 83 i 84 prikazuju sva četiri dijela građevne jame bez prikaza modela terena. Na slikama se nalazi mlazni beton, štapna sidra, procjednice, naglavne grede i armiranobetonski potporni zid.



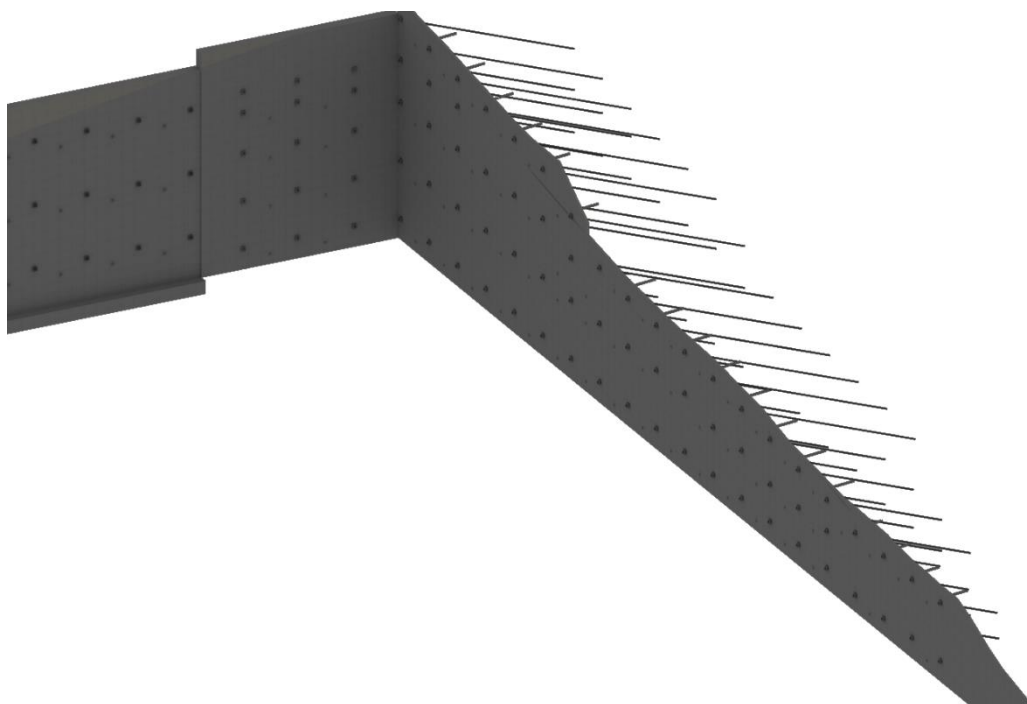
Slika 81. Osiguranje jugozapadnog lica



Slika 82. Osiguranje sjeverozapadnog i dijela sjeveroistočnog lica



Slika 83. Osiguranje sjeverozapadnog lica (pogled odostraga)



Slika 84. Osiguranje sjeveroistočnog i dijela sjeverozapadnog lica

7. TROŠKOVNIK RADOVA

7.1. Određivanje količina za troškovnik

Allplan pruža mogućnost računanja količina potrebnih za troškovnik radova. Iskaz količine dobiva se pomoću naredbe „Izvještaji“ u modulu „Dodatni moduli“. Prilikom odabira naredbe otvara se izbornik s mapama datoteka u kojima se bira iskaz koji nam je potreban. Za potrebe ovog projekta bira se mapa „Vrste radova“. Prije iskaza količina važno je svakom elementu dodijeliti „Vrstu radova“ pod „Promjenom atributa“ kako bi prilikom iskaza količina Allplan mogao prepoznati element. Ako potpornom zidu dodijelimo „Betonske radove“ tada prilikom iskaza količina odabiremo „Betonske radove“ u naredbi „Izvještaji“ te dobivamo ukupni volumen potpornog zida. Iskaz količina sadrži dimenzije, volumen, površinu, materijal, ime elementa te u konačnici i ukupnu sumu količine.

Na slici 85 prikazana je količina štapnih sidara duljine 3 metra.

Element ID	Ime objekta	Materijal	Količina
0005Mak0000001135	Makro	Štap. sidro_3m	92.00 Kom
Sažetak		Kom	
Makro	Štap. sidro_3m	92	
Nemetschek AG Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany			1/1

Slika 85. Iskaz količine štapnih sidara duljine 3 metra

Slika 86 prikazuje broj procjednica potrebnih za osiguranja građevne jame.

Kód	Element-ID	Opis	Kratki t. Funkcija	Dimenzije	Količina	Jed.
+	procjednice				193.000	Kom
Nemetschek AG Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany						1/1

Slika 86. Iskaz količine procjednica

Na slici 87 prikazan je ukupni volumen potpornog zida izveden na sjeverozapadnom dijelu građevne jame.

Materijal	Dimenzije	[Visina] [m]	Volumen [m3]	Ukupni volumen [m3]
Beton C30/37				
	AB Potporni zid	1x	10.330	126.635
	Suma AB Potporni zid			126.635
	Suma 3D količina			126.635
	Suma materijala: Beton C30/37			126.635
Ukupna suma				126.635
Nemetschek AG				1/1
Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany				

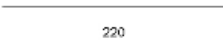
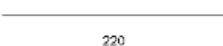
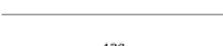
Slika 87. Iskaz za potporni zid

Slika 88 prikazuje iskaz količine armature (šipke).

Rekapitulacija iskaza armiranja BST 500 S				
	Promjer [mm]	[kg / m]	Ukupna dužina [m]	Težina [kg]
ravne šipke				
	16	1.580	570.00	921.13
	20	2.470	130.00	531.42
	24	3.850	126.00	460.15
	Suma			1912.70
	Broj faza			1
savijene šipke				
	12	0.888	332.50	302.90
	14	1.210	216.45	268.83
	16	1.580	378.00	612.73
	24	3.850	743.40	2714.89
	Suma			3899.35
	Broj faza			1
Ukupna težina (BST 500 S)				5812.05
Broj pozicija				14
Nemetschek AG				1/2
Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany				

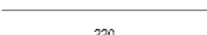
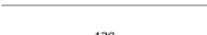
Slika 88. Iskaz količine armature za potporni zid

Na slici 89 prikazan je iskaz količine armaturnih mreža smještenih na stražnjoj strani potporne konstrukcije.

Pozicija	Komad a	Oznaka mreže	Kotirani oblik (shema)	Dužina [m]	Širina [m]	Težina [kg]
POTPORNA KONSTRUKCIJA						
1	11	Q 524		4.270	2.200	867.63
1	11	Q 524		6.000	2.200	1219.68
1	1	Q 524		6.000	1.300	65.52
1	1	Q 524		4.270	1.300	46.62
Suma POTPORNA KONSTRUKCIJA						2199.45
Zbroj svih elemenata						2199.45
Broj faza						1
Ukupna težina						2199.45
Nemetschek AG						1/1
Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany						

Slika 89. Iskaz količine armature za potporni zid

Na slici 90 prikazan je iskaz količine armaturnih mreža smještenih na prednjoj strani potporne konstrukcije.

Pozicija	Komad a	Oznaka mreže	Kotirani oblik (shema)	Dužina [m]	Širina [m]	Težina [kg]
POTPORNA KONSTRUKCIJA						
2	11	Q 785		4.270	2.200	1286.99
2	11	Q 785		6.000	2.200	1809.19
2	1	Q 785		6.000	1.300	97.18
2	1	Q 785		4.270	1.300	69.15
Suma POTPORNA KONSTRUKCIJA						3262.51
Zbroj svih elemenata						3262.51
Broj faza						1
Ukupna težina						3262.51
Nemetschek AG						1/1
Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany						

Slika 90. Iskaz količine armature za potporni zid

Slika 91 prikazuje iskaz količine armaturnih mreža za temelj potporne konstrukcije.

Pozicija	Komad a	Oznaka mreže	Kotirani oblik (shema)	Dužina [m]	Širina [m]	Težina [kg]
POTPORNA KONSTRUKCIJA						
2	7	Q 785		6.000	2.000	1046.64
Suma POTPORNA KONSTRUKCIJA						1046.64
Zbroj svih elemenata						1046.64
Broj faza						1
Ukupna težina						1046.64
Nemetschek AG						1/1
Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany						

Slika 91. Iskaz količine armature za temelj potpornog zida

7.2. Troškovnik radova po stavkama

U tablici 10 prikazan je troškovnik radova za pripremne radove, radove osiguranja građevne jame, mjernu opremu i praćenje te ostale radove u koje spada kontrolna – primopredajna ispitivanja sidra.

Tablica 10. Troškovnik radova [24]

Oznake stavke	Opis stavke troškovnika	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Iznos
1. PRIPREMNI RADOVI					
1.1.	Pripremni radovi. Priprema gradilišta obuhvaća dopremu i instalaciju opreme za betoniranje, bušenje i injektiranje kao i svu ostalu potrebnu opremu za izvođenje radova te po završenim radovima, raspoređivanje gradilišta, odvoz opreme i dovođenje lokacije u prvobitno stanje. U sklopu pripreme gradilišta uzima se u obzir i trošak organizacije gradilišta, kompletna izvedba pristupnih puteva i privremenih deponija materijala (mreža, sidra te drugih materijala i opreme). Obračun po kompletu.	Komplet	1,00	5.000,00	5.000,00
1.2.	Lociranje i obilježavanje instalacija. Prije početka izvedbe radova potrebno je locirati i obilježiti instalacije na području građevne jame i okolnih objekata. Obilježavanje instalacija je potrebno kako bi se izbjeglo njihovo oštećenje prilikom izvedbe mjera osiguranja građevne jame. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po kompletu.	Komplet	1,00	4.000,00	4.000,00
1.3.	Geodetsko iskolčenje. Stavka obuhvaća geodetsko iskolčenje mjera osiguranja građevne jame (visinsko i položajno) na osnovu podataka iz projekta te sve ostale radove na osiguranju geodetskih točaka. Iskolčenja se moraju osigurati od uništenja i biti jasno vidljiva tijekom izvođenja radova. Radovi se izvode prema Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama, knjiga I, stavka 1-02. Geodetski radovi. U cijenu je uračunat sav potreban materijal, rad i sredstva. Obračun po kompletu izvedenog iskolčenja.	Komplet	1,00	10.000,00	10.000,00
UKUPNO PRIPREMNI RADOVI:					19.000,00

Oznake stavke	Opis stavke troškovnika	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Iznos
2. OSIGURANJE GRAĐEVNE JAME					
2.1.	Betoniranje podložnog betona naglavne armiranobetonske grede betonom C 16/20, minimalne debljine 5,0 cm. Stavka obuhvaća dobavu betona najmanjeg razreda tlačne čvrstoće C 16/20, dopremu na gradilište te ugradnju podložnog betona. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po m ³ ugrađenog betona.	m ³	6	700,00	4.200,00
2.2.	Dobava, rezanje, savijanje, čišćenje i postavljanje armature B500B u naglavnu gredu i potporni zid. U jediničnoj cijeni obuhvaćeni su svi radovi na dobavi, dopremi, rezanju, savijanju i ugradnji armature te sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po kg ugrađene armature.	kg	14544	8,00	116.352,00
2.3.	Betoniranje naglavne grede betonom razreda tlačne čvrstoće C 30/37. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i ugradnju betona razreda tlačne čvrstoće C 30/37, klase izloženosti XC2 u naglavnu gredu sa potrebnom njegom, dobavu, dopremu, postavu i demontažu dvostrane oplata. Beton se ugrađuje vibriranjem. Stavka uključuje sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po m ³ ugrađenog betona.	m ³	137	1.000,00	137.000,00
2.4.	Betoniranje potpornog zida betonom razreda tlačne čvrstoće C 30/37. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i ugradnju betona razreda tlačne čvrstoće C 30/37, klase izloženosti XC2 u naglavnu gredu sa potrebnom njegom, dobavu, dopremu, postavu i demontažu dvostrane oplata. Beton se ugrađuje vibriranjem. Stavka uključuje sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po m ³ ugrađenog betona.	m ³	127	1.000,00	127.000,00
2.5.	Izrada nasipa iza armiranobetonske naglavne grede. Potrebno je izvesti nasip od miješanog materijala iz iskopa. Nasip je potrebno izvoditi u slojevima od 30,0 cm sa zbijanjem u punoj širini odgovarajućim sredstvima za zbijanje. Nasipavanje miješanim materijalom je potrebno izvesti do projektirane kote. U stavku uključena doprema sa privremene gradilišne deponije te ugradnja i zbijanje. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po m ³ izvedenog nasipa.	m ³	270	50,00	13.500,00
2.6.	Postavljanje zaštitne ograde na vrhu građevne jame. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i montiranje zaštitne ograde visine h=150 cm. Ograda se sastoji od: žičanog pletiva, stupova (45 x 1900 mm), zateznih žica i natezača žice. Pletivo se izrađuje od pocinčane+plastificirane žice. Standardni otvor oka (četverokutni) je 50×50 mm. Standardna debljina žice je 1,9/2,30 mm. Kod napinjanja plastificiranog pletiva koriste se žica debljine 3,30 mm.	m'	265	250,00	66.250,00

	Svi detalji izvedbe moraju biti u skladu sa HRN EN 10218-2, HRN EN 10223-4, HRN EN 10244-2 i HRN EN 1179. Stupovi se ubetoniraju u temelj dubine 40,0 cm i promjera 30,0 cm (minimalni razred tlačne čvrstoće betona C16/20) ili se pomoću vijaka učvršćuju u armiranobetonsku naglavnu gredu. Temelje stupova potrebno je konstruktivno armirati. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad na postavljanju zaštitne ograde. Obračun po m' postavljene ograde.				
2.7.	Čišćenje lica građevne jame. Potrebno je očistiti lice građevne jame od crvenice, kamenja i olabavljenih blokova mase do 50,0 kg (ispuhavanjem zrakom pod pritiskom i kavanjem). Stavka uključuje utovar uklonjenog materijala u transportno sredstvo te odvoz materijala. Uklonjeni materijal se utovaruje i odvozi u najbližu odgovarajuću građevinu ili uređaj u odnosu na mjesto nastanka otpada, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš. U stavku su uključena sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po m ² očišćene površine.	m ²	1985	15,00	29.775,00
2.8.	Poravnanje neravnina lica građevne jame mlaznim betonom C 24/30. Stavka obuhvaća ispunjavanje mlaznim betonom razreda tlačne čvrstoće C 24/30 radi poravnanja lica građevne jame. U stavku uključena dobava materijala, izrada te izvođenje uz sve potrebne instalacije sredstava i Transporte te potrebne skele za izvođenje. Debljina poravnavaćeg sloja mlaznog betona je promjenjiva. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po m ² poravnate površine.	m ²	1985	75,00	148.875,00
2.9.	Zaštita lica građevne jame mlaznim betonom 2x5,0 cm i armaturnom mrežom Q 188. Stavka obuhvaća izradu i nanošenje mlaznog betona debljine d=10 cm u dva sloja po 5,0 cm, razreda tlačne čvrstoće C 24/30 i minimalnog odskoka, dobavu i postavljanje armaturne mreže Q 188 te pričvršćenje mreže na podlogu. U cijenu su uključeni svi preklopi mreže (minimalni preklap 45,0 cm u oba smjera). Slojevi mlaznog betona nanose se odvojeno u različitim vremenskim intervalima. U stavku uključena dobava materijala, izrada te izvođenje uz sve potrebne instalacije sredstava i Transporte te potrebne skele za izvođenje. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po m ² zaštićene površine jame.	m ²	2220	275,00	610.500,00
2.10.	Ugradnja štapnih sidara, minimalnog promjera Φ=32,0mm, duljine L=3,0, 6,0 i 9,0 m. U svrhu osiguranja stabilnosti građevne jame ugrađuju se štapna sidra, minimalnog promjera šipke Φ=32,0mm, duljine L=3,0, 6,0 i 9,0 m, minimalne sile pri popuštanju čelika sidra F _{y,k} =405,0 kN, od čelika minimalne kvalitete 500/550 N/mm ² . Minimalni promjer bušotine sidara je 90,0mm.				

	Sidra se izvode u skladu s propisanim tehničkim uvjetima odnosno prema uputstvima proizvođača za pojedini tip sidra. Projektirana sidra mogu se zamijeniti i drugim tipovima sidara odgovarajuće dužine i nosivosti uz prethodnu suglasnost projektanta. Sva ugrađena sidra tretiraju se kao trajna sidra. Za sva sidra izvođač radova dužan je pribaviti atestnu dokumentaciju od ovlaštene institucije prije ugradnje sidara. U stavku je uključena nabava sidra, iskolčenje sidara, bušenje, ugradnja, injektiranje i pritezanje glave sidra na traženu silu te sve potrebne skele za izvođenje sidara. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po kom izvedenog sidra.				
2.10.1.	Štapno sidro, $\Phi=32,0\text{mm}$, $F_{y,k}=405,0\text{ kN}$, duljina $L=3,0\text{ m}$	kom	92	630,00	57.960,00
2.10.2.	Štapno sidro, $\Phi=32,0\text{mm}$, $F_{y,k}=405,0\text{ kN}$, duljina $L=6,0\text{ m}$	kom	66	1.260,00	83.160,00
2.10.3.	Štapno sidro, $\Phi=32,0\text{mm}$, $F_{y,k}=405,0\text{ kN}$, duljina $L=9,0\text{ m}$	kom	44	1.890,00	83.160,00
2.11.	Ugradnja štapnih samobušivih sidara, minimalnog promjera 30,0 mm, duljine L=3,0, 6,0 i 9,0 m. U svrhu osiguranja stabilnosti građevne jame ugrađuju se samobušiva sidra, minimalnog nominalnog vanjskog promjera šipke $\Phi=30,0\text{ mm}$, duljine $L=3,0, 6,0\text{ i }9,0\text{ m}$, minimalne sile pri popuštanju $F_{0,2,k}=260,0\text{ kN}$. Minimalni promjer bušotine sidara je $90,0\text{ mm}$. Sidra se izvode u skladu s propisanim tehničkim uvjetima odnosno prema uputstvima proizvođača za pojedini tip sidra. Projektirana sidra mogu se zamijeniti i drugim tipovima sidara odgovarajuće dužine i nosivosti uz prethodnu suglasnost projektanta. Sva ugrađena sidra tretiraju se kao trajna sidra. Za sva sidra izvođač radova dužan je pribaviti atestnu dokumentaciju od ovlaštene institucije prije ugradnje sidara. U stavku je uključena nabava sidra, iskolčenje sidara, bušenje, ugradnja, injektiranje i pritezanje glave sidra na traženu silu te sve potrebne skele za izvođenje sidara. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva, materijal i rad. Obračun po kom izvedenog sidra.				
2.11.1.	Samobušivo sidro, $\Phi=30,0\text{mm}$, $F_{0,2,k}=260,0\text{ kN}$, duljina $L=3,00\text{ m}$	kom	4	750,00	3.000,00
2.11.2.	Samobušivo sidro, $\Phi=30,0\text{mm}$, $F_{0,2,k}=260,0\text{ kN}$, duljina $L=6,0\text{ m}$	kom	30	1.500,00	45.000,00
2.11.3.	Samobušivo sidro, $\Phi=30,0\text{mm}$, $F_{0,2,k}=260,0\text{ kN}$, duljina $L=9,0\text{ m}$	kom	13	2.250,00	29.250,00
2.12.	Armaturni jastuci. Za poravnanje većih neravnina izvode se jastuci, odnosno ispunjavanje mlaznim betonom razreda tlačne čvrstoće C 24/30 radi poravnanja lica građevne jame. Armiranobetonski jastuci se izvode tako da se armaturna mreža Q-188 spiralno savije te postavi u veće udubine. Armatura se po potrebi prihvaća štapnim sidrima, duljine $L=3,0\text{ m}$. Nakon postavljanja armature ugrađuje se mlazni beton u slojevima ne debljim od $d=10,0\text{ cm}$, razreda tlačne čvrstoće C 24/30. Na pripremljeni armaturni koš nanosi se mlazni beton sve do popunjavanja prostora.				

	Obračun po izvršenim snimkama na svakoj lokaciji izvođenja. U stavku uključena dobava materijala, izrada te izvođenje uz sve potrebne instalacije sredstava i Transporte te potrebne skele za izvođenje i eventualna potreba ugradnje armature. Obračun po m ³ izvedenog armaturnog jastuka.				
2.12.1.	Mlazni beton C 24/30	m ³	20	2.000,00	40.000,00
2.12.2.	Štapno sidro, Φ=32,0mm, F _{y,k} =405,0 kN, duljina L=3,0 m	kom	20	630,00	12.600,00
2.13.	Izvedba procjednica duljine L=2,0 m. Radi eliminacije eventualnog hidrostatskog pritiska iza mlaznog betona na licu građevne jame se izvode procjednice duljine L=2,0 m. Bušotine su nagnute 5° od horizontale na dolje, a zacjevljuju se perforiranom cijevi od tvrdog PVC ili sličnog materijala, minimalnog nazivnog promjera D=50,0 mm. U stavci obračunato iskolčenje, bušenje i ispuhavanje bušotina, dobava perforiranih cijevi te ugradnja istih. U stavku uključena dobava materijala, izrada te izvođenje uz sve potrebne instalacije sredstava i Transporte te potrebne skele za izvođenje. Obračun po kom izvedene i zacjevljene bušotine.	kom	193	180,00	34.740,00
UKUPNO OSIGURANJE GRAĐEVNE JAME:					1.642.322,00

Oznake stavke	Opis stavke troškovnika	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Iznos
3. MJERNA OPREMA I PRAĆENJE					
3.1.	Geodetske mjerne točke za kontrolu pomaka. Stavka obuhvaća ugradnju geodetskih mjernih točaka, izvedbu nultog mjerenja i ostalih mjerenja. Predviđena je ugradnja ukupno osam mjernih točaka. Predviđeno ukupno deset mjerenja (mjerenje nakon izvedbe svake faze radova). Zahtjeva se minimalna točnost mjerenja od 1,0 mm. Stavka obuhvaća dobavu, dopremu i ugradnju mjernih točaka, mjerenje i izradu izvješća o provedenim mjerenjima. Stavka obuhvaća sva potrebna sredstva materijal i rad. Obračun po ugrađenoj mjernoj točki i provedenom mjerenju.				
3.1.1.	Dobava i ugradnja	kom	8	250,00	2.000,00
3.1.2.	Mjerenje	kom	80	100,00	8.000,00
UKUPNO MJERNA OPREMA I PRAĆENJE:					10.000,00

Oznake stavke	Opis stavke troškovnika	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Iznos
4. OSTALI RADOVI					
4.1.	Kontrolna - primopredajna ispitivanja sidara. Stavka obuhvaća osiguranje opreme i ispitivanje sidara. Ispitivanje provodi neovisna institucija registrirana za ispitivanje materijala i konstrukcija. Ispitivanju sidara pristupa se nakon što je čvrstoća injekcijske smjese dosegla najmanje 30 MN/m ² . Ovo ispitivanje izvodi se prema odgovarajućem protokolu, a sve u skladu sa standardom HRN EN 1537:2013. Obračun po kom ispitanog sidra.	kom	25	1.250,00	31.250,00
UKUPNO OSTALI RADOVI:					31.250,00

1.	UKUPNO PRIPREMNI RADOVI		19.000,00
2.	UKUPNO OSIGURANJE GRAĐEVNE JAME		1.642.332,00
3.	UKUPNO MJERNA OPREMA I PRAĆENJE		10.000,00
4.	UKUPNO OSTALI RADOVI		31.250,00
SVEUKUPNO			1.702.582,00

8. ZAKLJUČAK

Tema diplomskog rada je BIM pristup u graditeljstvu i primjena u geotehnici. BIM pristup predstavlja fizikalne i funkcijske karakteristike građevine predstavljene kroz digitalnu prezentaciju, a tehnologija kao takva omogućuje surađivanje različitih interesnih skupina na način da oni koordiniraju i kombiniraju rad te ga spajaju u isti BIM model. Isto tako, predstavlja suradnju različitih sudionika gradnje, spaja tu suradnju u konačni proizvod (BIM model) kroz sve faze u životnom vijeku građevine.

Održivo projektiranje omogućuje udovoljavanje sadašnjim potrebama, bez da se smanjuje mogućnost udovoljavanja potreba koje će imati buduće generacije. Isto tako, pojam ekološki održivog projektiranja postaje sve aktualnija tema na globalnoj razini jer utjecaj infrastrukture i građevina na okoliš postaje sve značajniji. Građevinska industrija zauzima veliki udio u potrošnji energije i emisijama stakleničkih plinova. Ekološki problemi izazvani izvođenjem građevina trebali bi biti (jesu) poticaj na standardizaciju održivog projektiranja kod građevinskih projekata.

Održivo projektiranje podrazumijeva praćenje ponašanja građevina od početnih stadija uz dostupan veliki broj preciznih podataka. Pritom, odluke važne za održivo projektiranje i gradnju trebaju se donositi u ranim stadijima. Standardne metode koje su se do sada primjenjivale (CAD) ne sadrže dovoljan broj podataka u ranoj fazi za analize održivosti koje su važne za ostvarivanje ciljeva održivog projektiranja.

Primjena BIM pristupa omogućava veliki broj preciznih podataka pohranjenih u jednom koordiniranom modelu što omogućuje lakše donošenje odluka već u ranim fazama projektiranja. Uvođenjem BIM tehnologije u projektiranje omogućava se ekološki prihvatljivije građenje, poboljšava učinkovitost, a projekt se može optimizirati i analizirati u ranim fazama projektiranja. Primjenom BIM-a se definiraju aspekti održivog projektiranja samog modela: modeliranje potrošnje energije, raspored opterećenja, korištenje vode, primjena održivih materijala, vođenje gradilišta i dr. Iz dostupnih podataka pohranjenih u BIM modelu provode se analize održivosti, procjene, ocjene i proračuni kojima se poboljšava cjelokupno korištenje energije, a model građevine se povezuje s alatima za proračun energetske učinkovitosti.

Rezultat svega toga je povećanje kvalitete održavanja prilikom čega se za svaki element u građevini (smješten u 3D BIM modelu) može procijeniti vijek trajanja, broj zamjene istih elemenata tokom projektiranog vijeka građevine te jasna vizija troškova. S obzirom na navedene prednosti koje pruža BIM tehnologija, primjenom BIM-a mogu se ostvariti ciljevi održivog projektiranja.

Razina primjene BIM tehnologije u građevinarstvu je još uvijek niska. Razlog tome može biti cijena uvođenja, loša informiranost, nedostatak znanja, neodgovarajuća osposobljenost ili to što novine zahtijevaju promjenu radnih procesa i postupaka što je povezano s nepredvidivim poteškoćama i rizicima u poslovanju. Otpor ka uvođenju BIM tehnologije smanjuje se provođenjem konferencija, seminara i informiranja u obliku predavanja.

Zadatak diplomskog rada je primjena BIM pristupa i odnosi se na program BIM tehnologije – Allplan 2018.

Izrađen je 3D model osiguranja građevne jame za potrebe izvedbe građevine poslovne namjene „TC Plodine“. Građevna jama formirana je izvedbom vertikalnog iskopa te nagibom 1:1 i 3:1. Osiguranje građevne jame se sastoji od izvedbe štapnih i samobušivih sidara, procjednica, mlaznog betona, armaturnih mreža postavljenih između dva sloja mlaznog betona, naglavnih greda sa popratnom armaturom, armiranobetonskog potpornog zida s popratnom armaturom, armiranobetonskih jastuka i zaštitnog ogradnog sustava. Sva osiguranja modelirana su pomoću programskih alata BIM tehnologije (Allplan 2018). Količine potrebne za troškovnik radova određene su pomoću iskaza količina koje nudi Allplan.

Allplan BIM softver je jedan od softvera BIM tehnologije koji iskorištava sve prednosti BIM pristupa. Ako se učinkovito koriste, softveri BIM tehnologije mogu pružiti zavidne rezultate. Povećana kvaliteta i točnost projekta, povećana produktivnost, smanjenje pogrešaka, manji stres korisnika prilikom izrade projekta, povećana konkurentnost na tržištu, smanjenje troškova održavanja i mnogi drugi.

Zbog svih nabrojanih prednosti, BIM postaje standard rada. Odnosno, BIM postaje standard rada u razvijenim zemljama, dok je u Hrvatskoj ovaj pristup tek počeo biti nešto što dolazi tek u budućnosti. Sve članice Europske unije zalažu se za implementiranje BIM tehnologije u vlastito zakonodavstvo te BIM postaje u svijetu graditeljstva neizbježna i nužno potrebna tehnologija bez koje će jednog dana vrlo vjerojatno biti nezamisliv.

„Zbog povećanja konkurentnosti na stranom tržištu, kvalitete projektiranja i gradnje i smanjenja troškova nužno je što prije uvesti BIM pristup. Tim putem, naravno, treba se kretati osmišljeno. Iako se radi o naprednom i tehnološki „inteligentnom“ softveru, softver ne radi i ne stvara ideje umjesto nas. Mi smo ti koji upravljaju softverom, te je stoga nužno krenuti od samog sebe i imati na umu da budućnost pripada onima koji uvide mogućnosti prije nego što one postanu očite“. J. Sully

9. LITERATURA

- [1] Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., and O'Reilly, K., BIM adoption and implementation for architectural practices. *Structural Survey*, 29(1), 2011., 7-25.
- [2] ArhiNOVA CAD to BIM, BIM - Building Information Modeling, (<http://www.cadtobim.com/what-is-bim.html>) (20.06.2015.)
- [3] BSI 2004. BS EN 1997-1:2004; Eurokode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules. British standard.
- [4] DIN 4124:2012: EXCAVATIONS AND TRENCHES – SLOPES, PLANKING AND STRUTTING BREADTHS OF WORKING SPACES, German Institute for Standardization, 2012.
- [5] Direktiva 2014/24/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 26. veljače 2014. o javnoj nabavi i o stavljanju izvan snage Direktive 2004/18/EZ, Službeni list Europske Unije 28.03.2014, Članak 22., Stavak 1. (a), L 94/106, Stavak 4., L 94/107, Stavak 5., L 94/107 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02014L0024-20180101&from=FR>)
- [6] Deere, D.U. & Patton, F.D., Slope stability in residual soils. *Proc. Pan-American Conf. On SMFE*. Vol. 4, pp. 87-170, 1971., Puerto Rico
- [7] HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - - 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade -- Nacionalni dodatak
- [8] Hrvatska komora arhitekata, općenito o BIM-u (19.12.2018.) (<https://arhitekti-hka.hr/hr/bim/opcenito-o-bim-u/>)
- [9] Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Opće smjernice za BIM pristup u građevinarstvu, Naklada Zadro, Zagreb, Lipanj 2017.
- [10] Hoek, E. and Brown, E.T., Practical Estimates of Rock Mass Strength. *International Rock Mechanics Mining Science*, 34, 1165-1186., 1997.
- [11] ISO STANDARDI: ISO 16757 (19.12.2018.) (<https://www.iso.org/standard/57613.html>)
- [12] Jayasen H.S., Weddikkara C., Assessing the BIM maturity in a BIM infant industry, The second world Construction Symposium 2013: Socio- Economics Sustainability in Construction, Colombo, Sri Lanka, 14-15 June 2013.
- [13] Karte potresnih područja Hrvatske (3.1.2019.) (<http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>)
- [14] Latiffi, A.,A.; Brahim, J.; Fathi, M.,S.; “The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition”; *Applied Mechanics and Materials* Vol. 567 (2014) pp 625-63, 2014.

- [15] Leksikografski zavod Miroslav Krleža; Booleova algebra (5.1.2019.)
(<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=70097>)
- [16] Malhotra, Y., Why knowledge management systems fail. Knowledge management lessons learned: what works and what doesn't. *Society for Information Science and Technology Monograph Series*, 2004. 87-112.
- [17] Marinos, P. and Hoek, E. GSI: A Geological Friendly Tool for Rock Mass Strength Estimation. Proceedings of the GeoEng 2000 at the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, Melbourne, 19-24 November 2000, 1422-1446.
- [18] Matešić Leo, Zasjeci u stijenskoj masi, Kolegij geotehničke konstrukcije, 2012
- [19] NBS BIM OBJECT STANDARD, Riba Enterprises Limited, 2014. (5.1.2019.)
(https://www.nationalbimlibrary.com/Content/BIMStandard/NBS-BIM-Object-Standard-v1_2_1114.pdf)
- [20] Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (3.1.2019.)
(<https://www.hgi-cgs.hr/ogk100.html>)
- [21] Owen, R. (Ed.). *CIB White Paper on IDDS Integrated Design & Delivery Solutions*. Rotterdam, The Netherlands: CIB., 2009.
- [22] PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling, The British Standard Institution published by BSI Standards Limited, March 2014.
- [23] Predavanje na Građevinskom fakultetu u Mostaru, Kolegij: Geotehničko inženjerstvo, Tema: Građevne jame (10.1.2019.)
(<https://gf.unmo.ba/resources/1/Downloads/Geotehnicko%20inzenjerstvo/Gradjevne%20jame.pdf>)
- [24] Projekt osiguranja građevne jame; Izvedbeni projekt za zgradu poslovne namjene - supermarket Plodine s trgovačkim, uredskim i ugostiteljskim sadržajima u Lovranu (PR 17-089-02), Geotech d.o.o., Rijeka, ožujak 2018.
- [25] Proleksis enciklopedija (15.1.2019.)
(<http://proleksis.lzmk.hr/16264/>)
- [26] Prostorni plan uređenja Općine Lovran (10.1.2019.)
(http://www.opcinalovran.hr/PP/PPUO_LOVRAN.pdf)
- [27] Succar, B., Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 2009., 357-375.
- [28] Terzaghi K., Peck, R.B., and Mesri G. : *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1996.

- [29] Van Berlo, L. A. H. M., Beetz, J., Bos, P., Hendriks, H., and van Tongeren, R. C. J., *Collaborative engineering with IFC; new insights and technology*. Paper presented at the 9th European Conference on Product and Process Modelling, Iceland, 2012.
- [30] Zajednički informacijski sustav zemljišnih knjiga i katastra (15.1.2019.) (<https://oss.uredjenazemlja.hr/public/cadServices.jsp?action=dkpViewerPublic>)
- [31] Google karte (15.1.2019.) (<https://www.google.hr/maps/@45.840196,15.9643316,11z?hl=hr>)
- [32] Izvor: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=54569> (9.6.2019.)
- [33] Izvor: <http://www.plodine.hr/otvorenje-pula3/plodine-lovran/> (10.6.2019.)
- [34] Izvor: <https://www.geotech.hr/samobusiva-sidra/> (12.6.2019.)
- [35] Izvor: <https://www.geotech.hr/rekonstrukcija-i-prenamjena-glavne-zgrade-poste-u-rijeci/> (10.8.2019.)
- [36] Izvor: <http://www.net-ubiep.eu/wp-content/uploads/2018/11/D18-D3.5-Training-Materials-for-Professionals-2018-11-4-Hrvatski.pdf> (10.8.2019)
- [37] Izvor: <https://blog.areo.io/what-is-ifc/> (12.8.2019.)
- [38] Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Example-of-COBIE-file_fig1_262009969 (13.8.2019.)
- [38] Izvor: <https://www.rocscience.com/documents/pdfs/rocnews/june2002/RocLab-Overview-Features-FAQs.pdf> (14.8.2019.)
- [39] Izvor: BIM and the digitalisation of planning and construction AT SSF INGENIEURE
- [40] Izvor: <https://group.skanska.com/48e49b/globalassets/about-us/building-information-modeling/bim-projects/bim-crusells-bridge.pdf> (01.09.2019.)

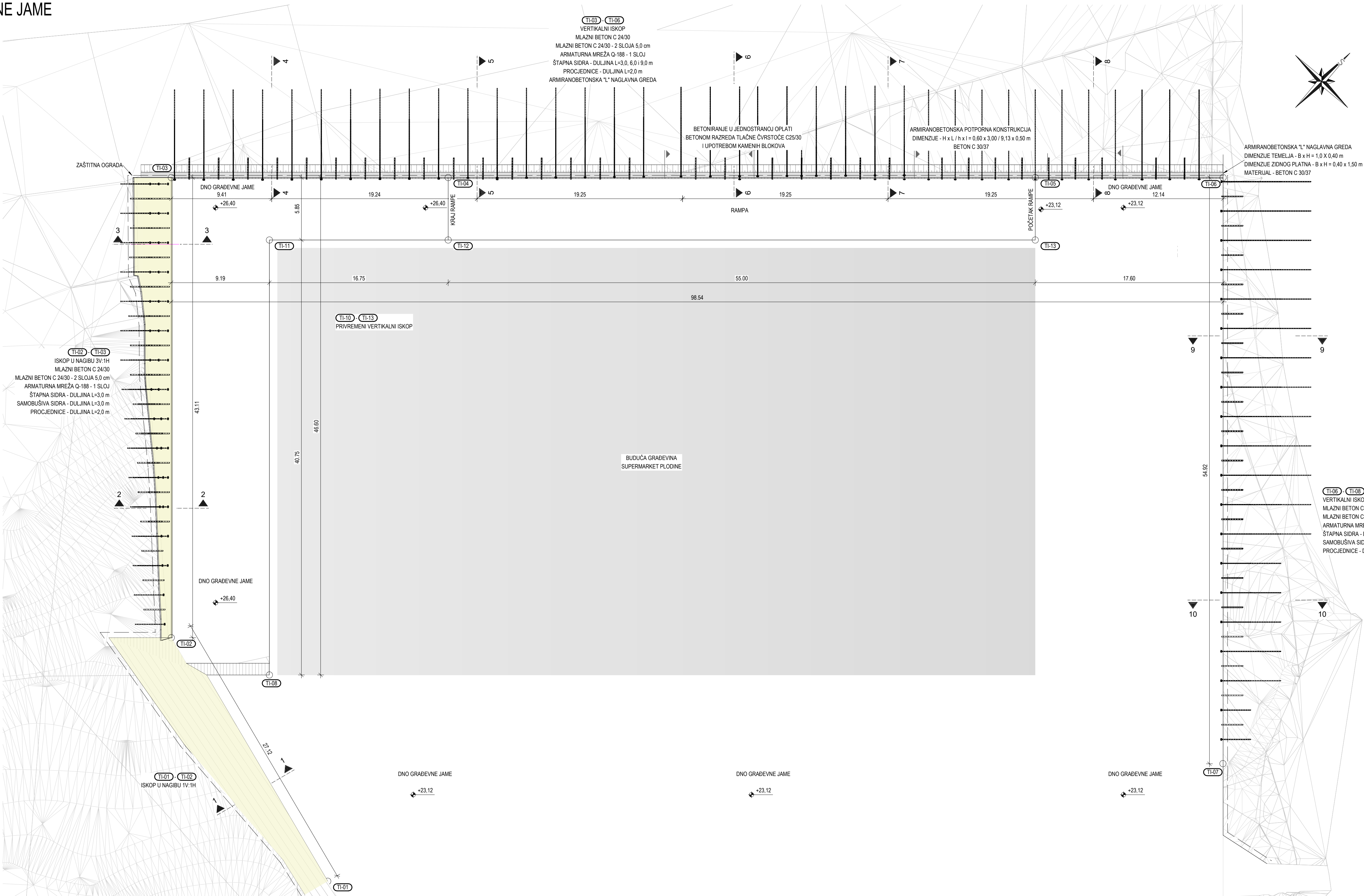
10.GRAFIČKI PRILOZI

10.1. Situacija	M 1:500
10.2. Tlocrt građevne jame	M 1:200
10.3. Poprečni presjeci (P1- P3)	M 1:100
10.4. Poprečni presjeci (P4 – P8)	M 1:100
10.5. Poprečni presjeci (P9 – P10)	M 1:100
10.6. Razvijeni pogled na lice građevne jame (T02 – T03)	M 1:100
10.7. Razvijeni pogled na lice građevne jame (T03 – T06)	M 1:100
10.8. Razvijeni pogled na lice građevne jame (T06 – T07)	M 1:100
10.9. Normalni poprečni presjeci	M 1:50
10.10.Nacrt i iskaz armature – Tip 1 naglavna greda	M 1:20
10.11.Nacrt i iskaz armature – Tip 2 naglavna greda	M 1:20
10.12.Nacrt i iskaz armature – Tip 3 naglavna greda	M 1:20
10.13.Nacrt i iskaz armature armiranobetonske potporne konstrukcije	M 1:20
10.14.Nacrt armature – prednje i stražnje lice armiranobetonske potporne konstrukcije	M 1:50

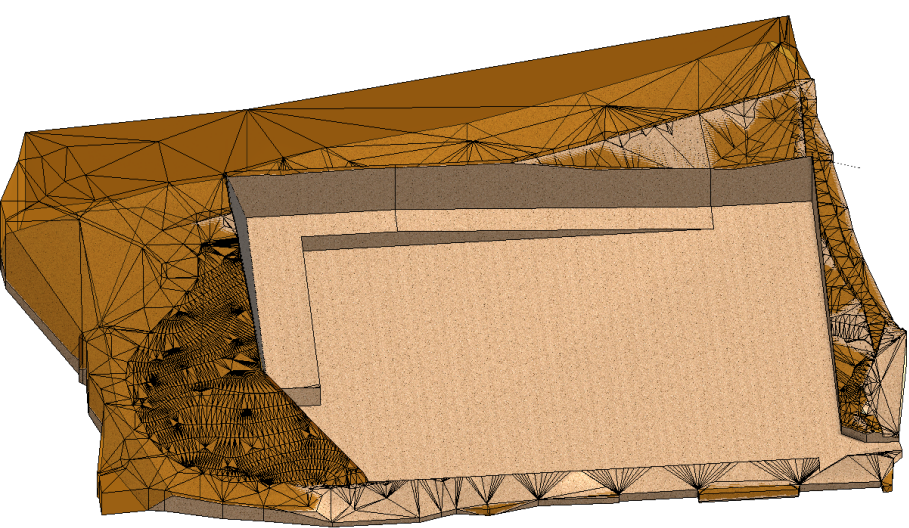


10.1. SITUACIJA

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: PRIMJENA BIM PRISTUPA - PROJEKT OSIGURANJA GRAĐEVNE JAME TC PLODINE, LOVRAN		Sadržaj nacrt: 10.1. SITUACIJA	
Studentica: Ivana Blagdan		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aedif.		Datum: rujan 2019.	Mjenilo: 1:500
		List: 1.	



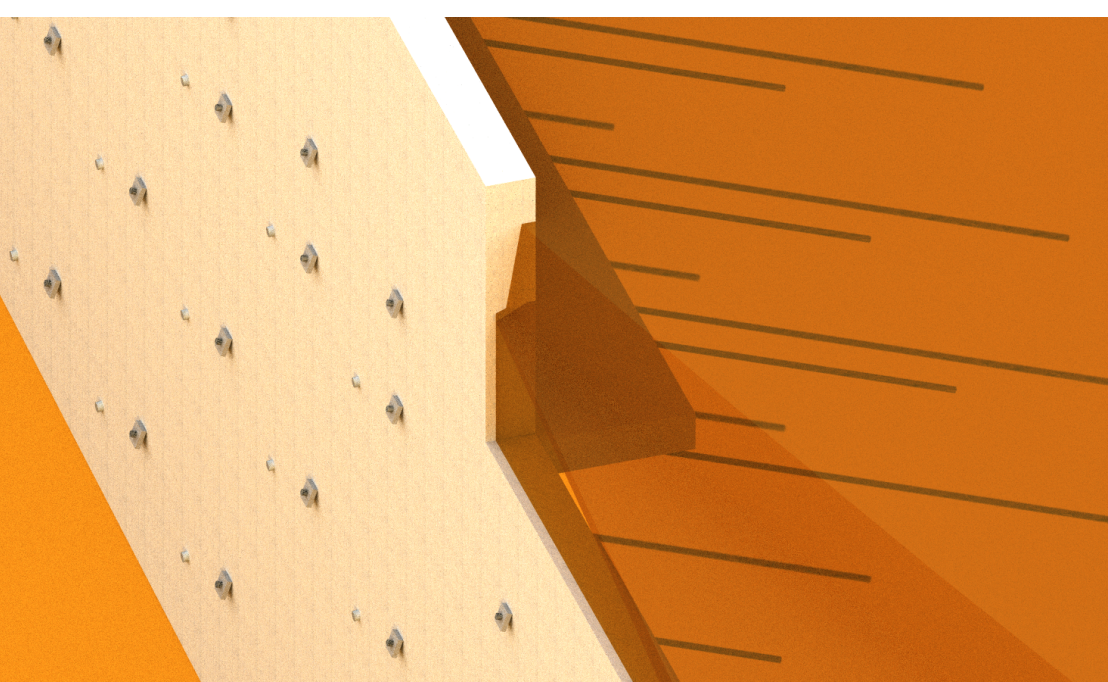
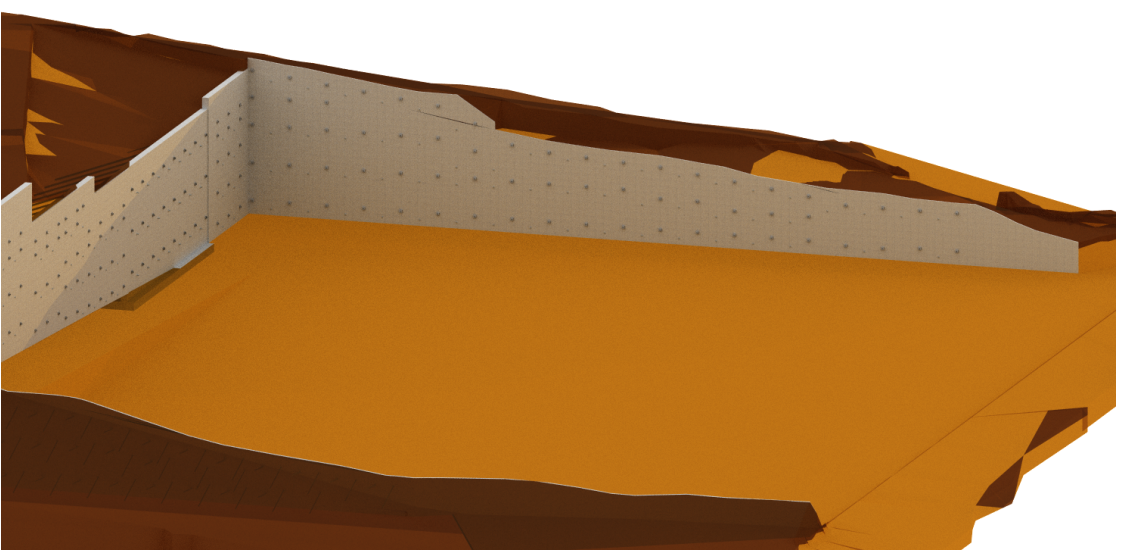
3D POGLED NA MODEL TERENA



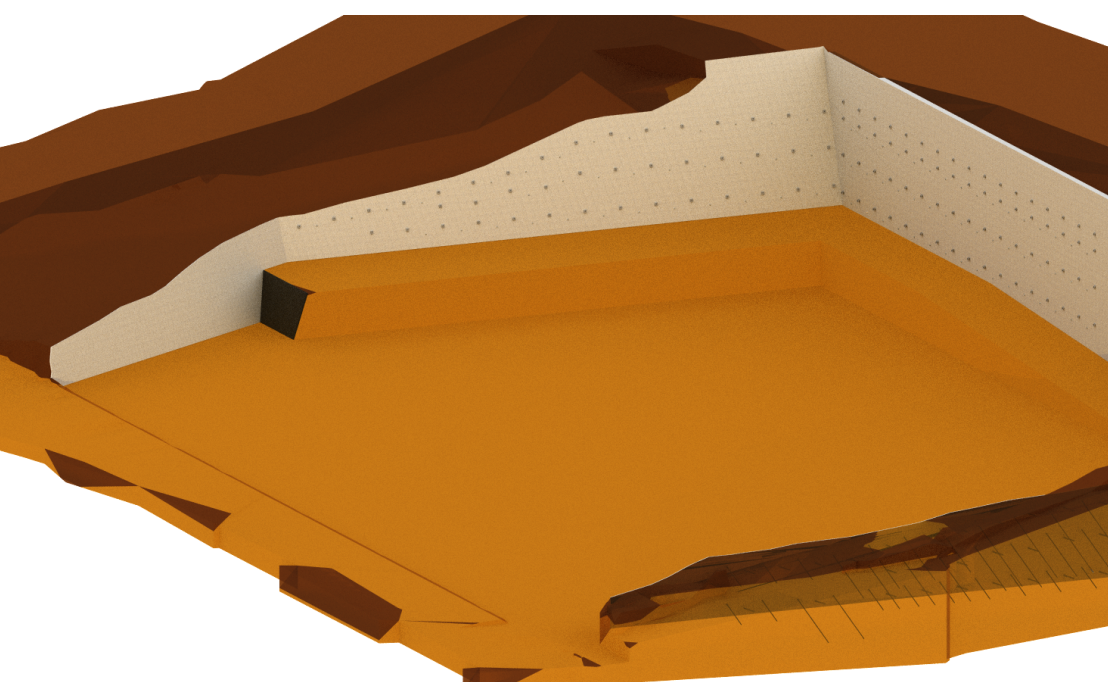
3D POGLED NA SJEVEROZAPADNI DIO



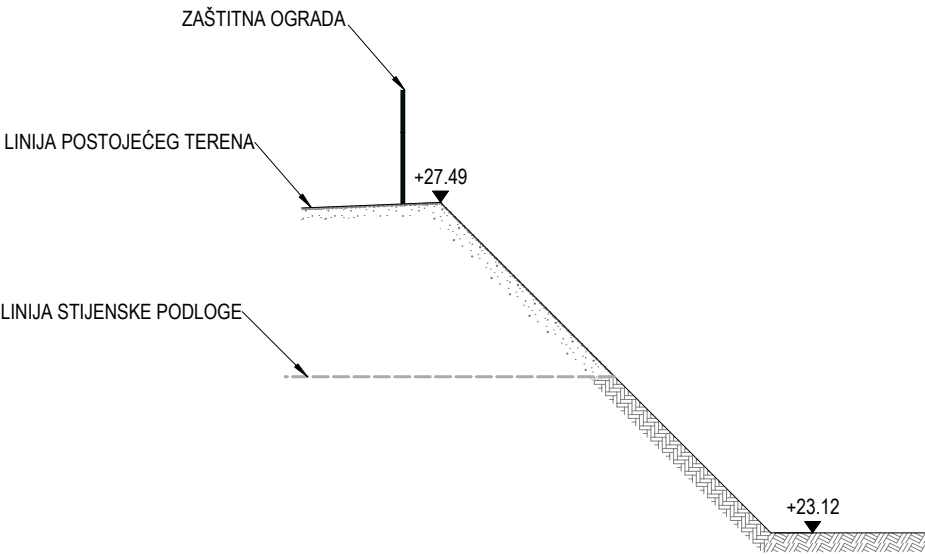
3D POGLED NA SJEVEROISTOČNI DIO



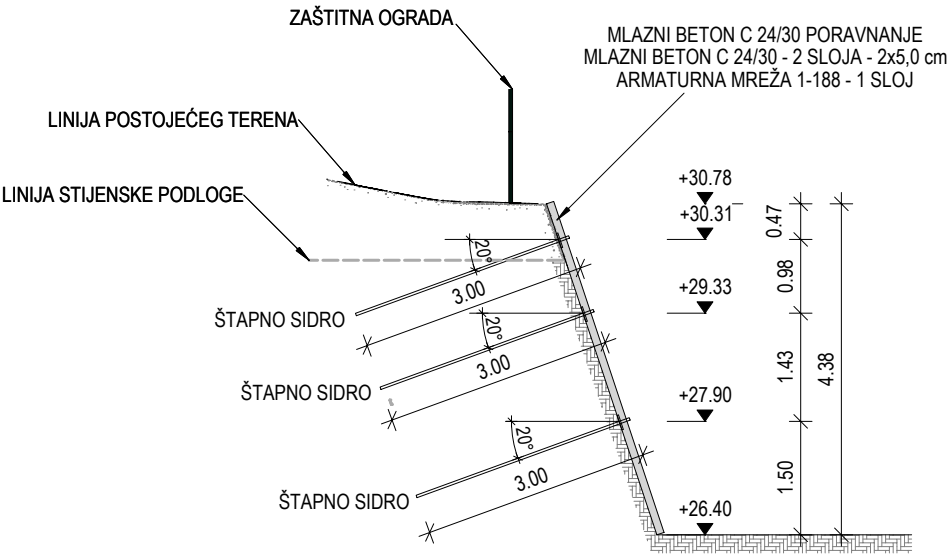
3D POGLED NA JUGOZAPADNI DIO



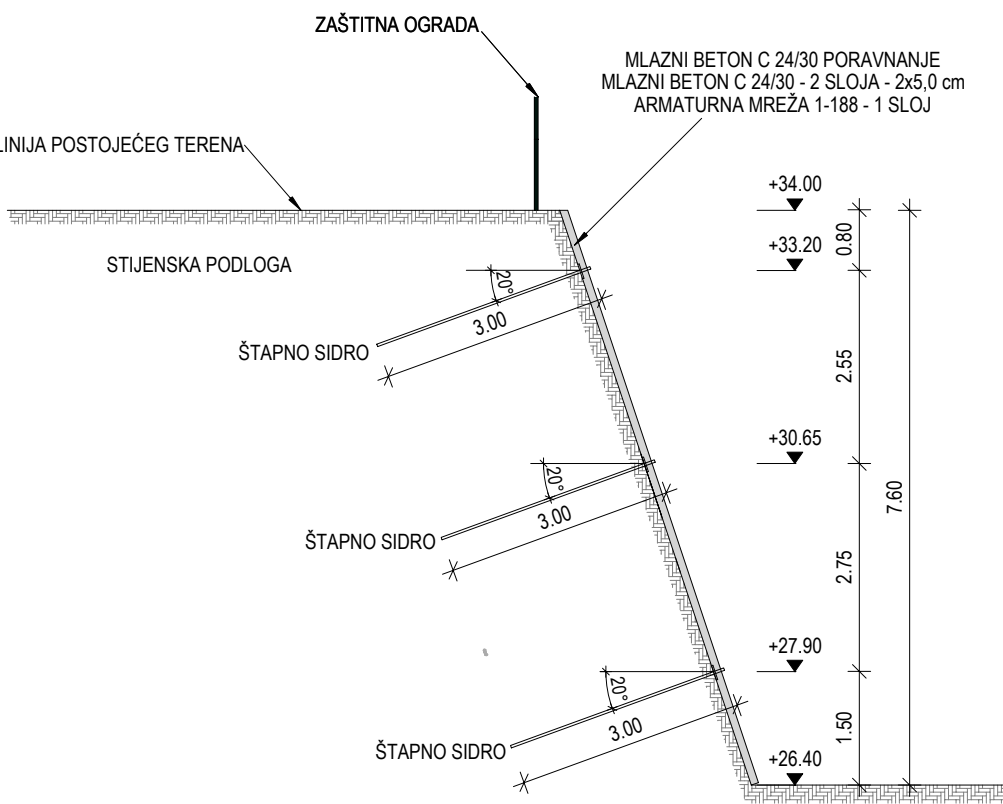
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



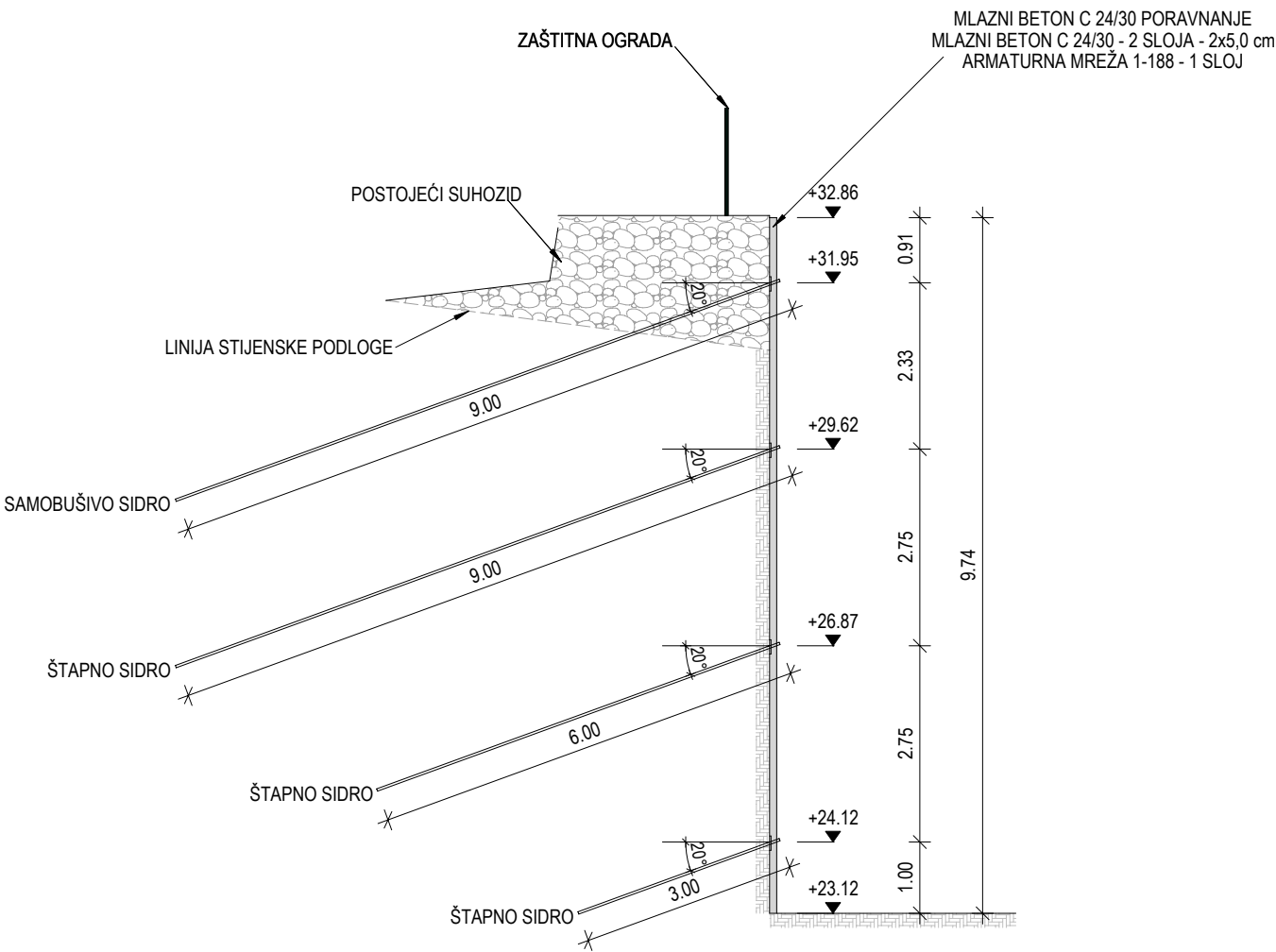
PRESJEK 3-3



10.3. POPREČNI PRESJECI (P1 - P3)

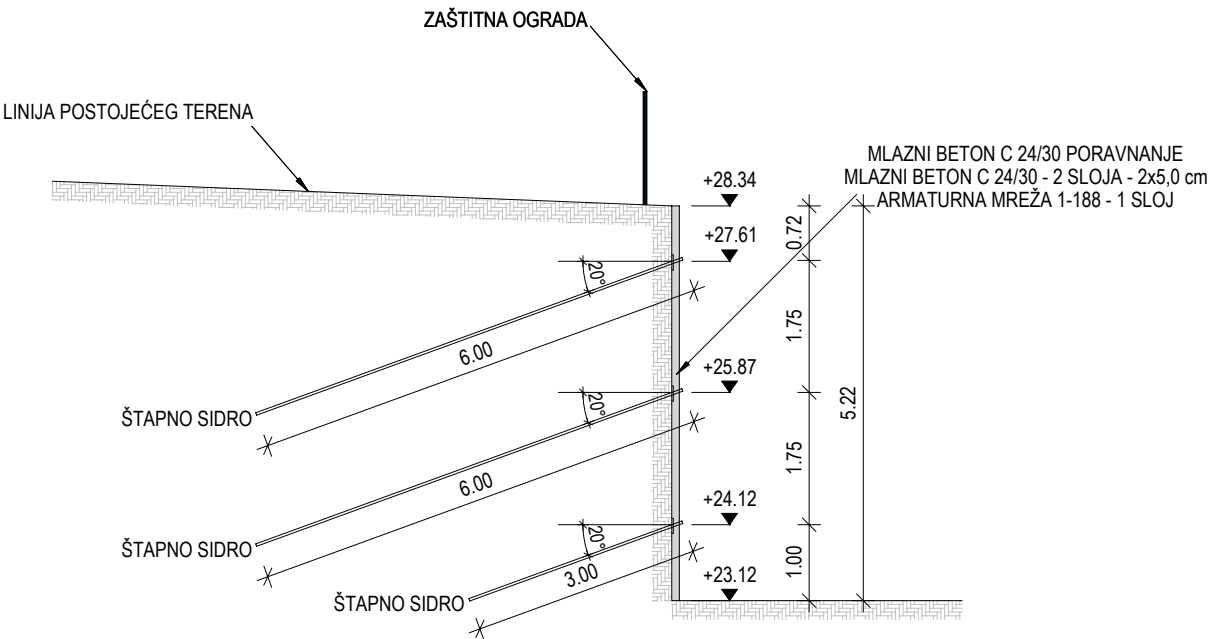
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: PRIMJENA BIM PRISTUPA - PROJEKT OSIGURANJA GRAĐEVNE JAME TC PLODINE, LOVRAN		Sadržaj nacrt: 10.3. POPREČNI PRESJECI (P1 - P3)	
Studentica: Ivana Blagdan		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aedif.	Datum: rujan 2019.	Mjerilo: 1:100	List: 3.

PRESJEK 9-9

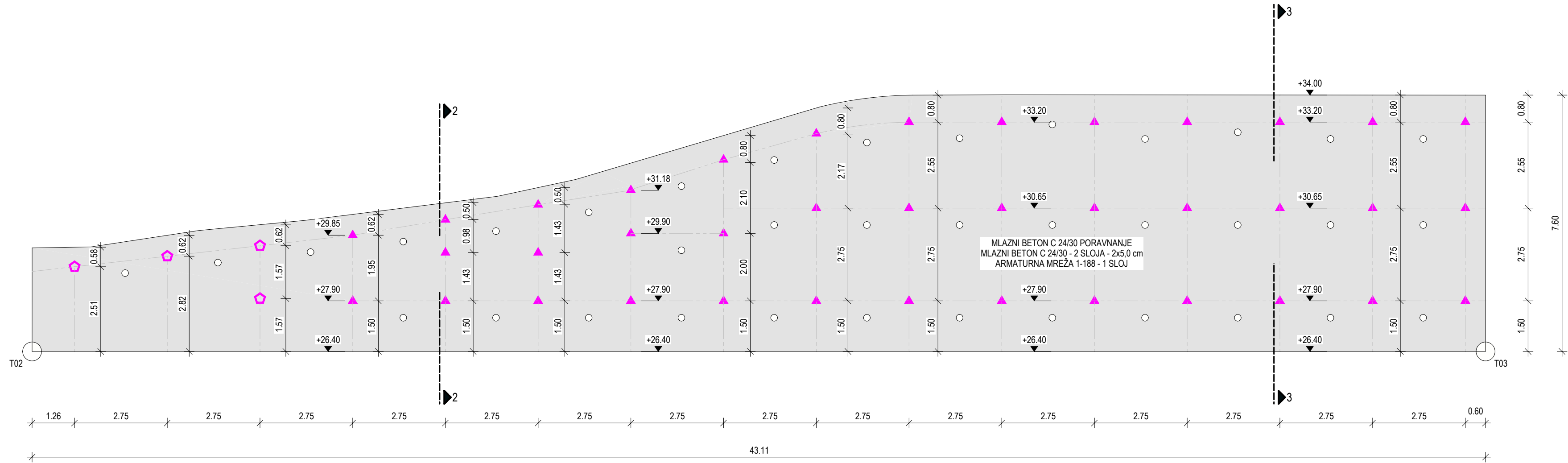


10.5. POPREČNI PRESJECI (P9 - P10)

PRESJEK 10-10



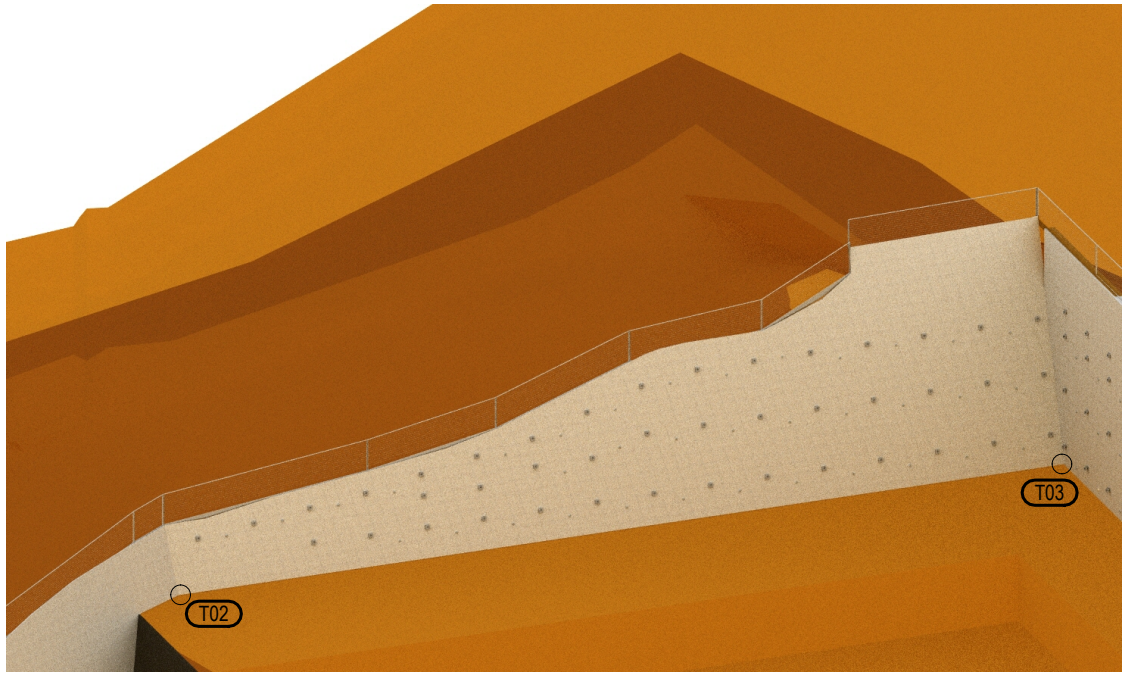
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: PRIMJENA BIM PRISTUPA - PROJEKT OSIGURANJA GRAĐEVNE JAME TC PLODINE, LOVRAN		Sadržaj nacrt: 10.5. POPREČNI PRESJECI (P9 - P10)	
Studentica: Ivana Blagdan		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aedif.	Datum: rujan 2019.	Mjerilo: 1:100	List: 5.



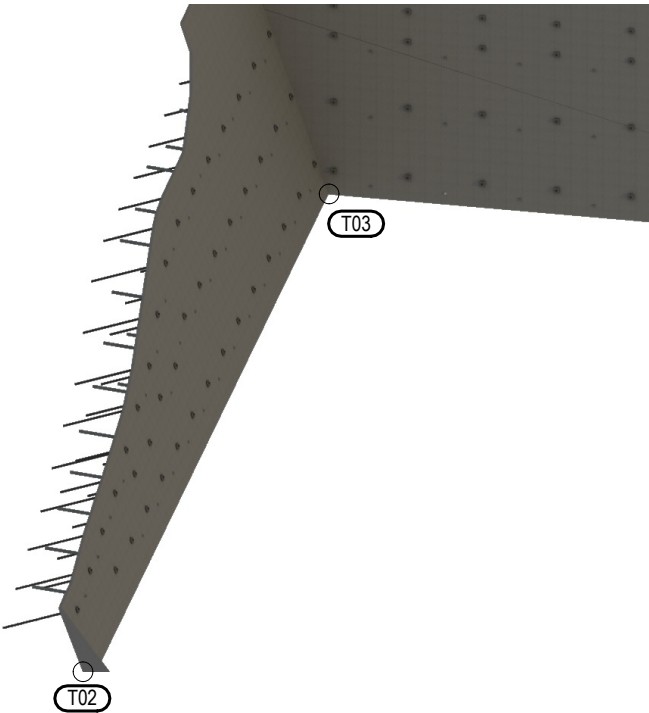
10.6. RAZVIJENI POGLED NA LICE GRAĐEVNE JAME
OD T02 DO T03

- TUMAČ ZNAKOVA
- ŠTAPNO SIDRO
PROMJER SIDRA d=32,0 mm
DULJINA SIDRA L=3,0 m
 - ŠTAPNO SAMOBUŠIVO SIDRO
NOMINALNI VANJSKI PROMJER SIDRA D=30 mm
DULJINA SIDRA L=3,0 m
 - PROCJEDNICE, DULJINA L=2,0 m

3D POGLED



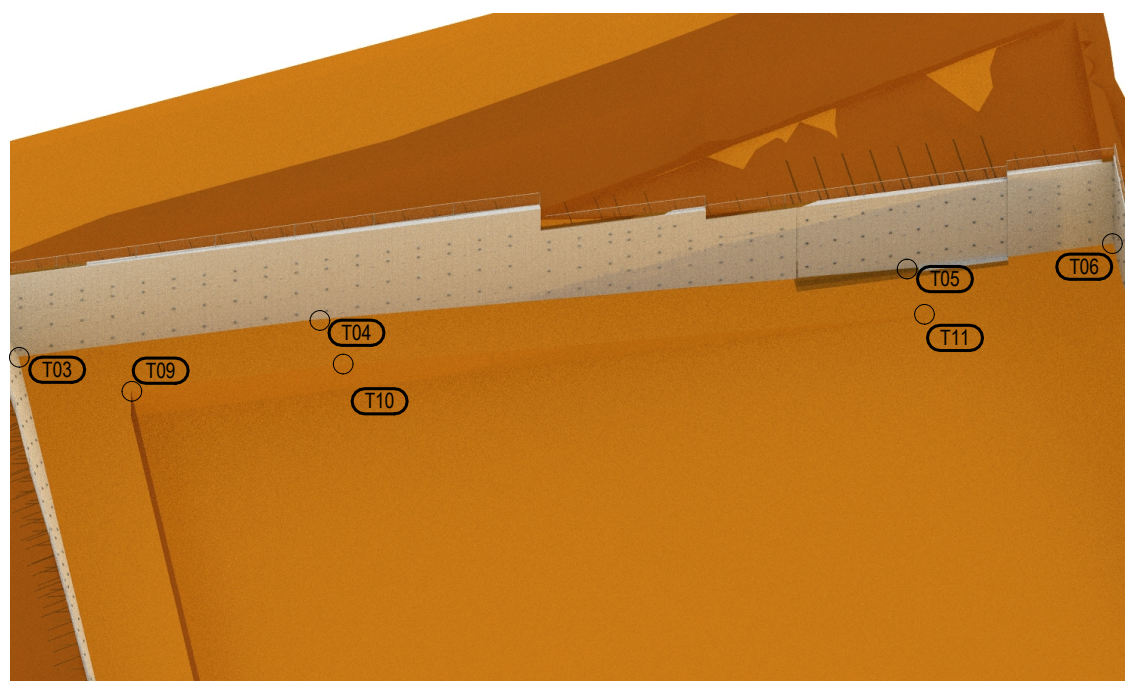
3D POGLED (MLAZNI BETON+SIDRA+PROCJEDNICE)



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: PRIMJENA BIM PRISTUP - PROJEKT OSIGURANJA GRAĐEVNE JAME TC PLODINE, LOVRAN		Sadržaj nacrt: 10.6. RAZVIJENI POGLED NA LICE GRAĐEVNE JAME (T02 - T03)	
Studentica: Ivana Blagdan		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aedif.	Datum: rujan 2019.	Mjerilo: 1:100	List: 6.

10.7. RAZVIJENI POGLED NA LICE GRAĐEVNE JAME
OD T03 DO T06

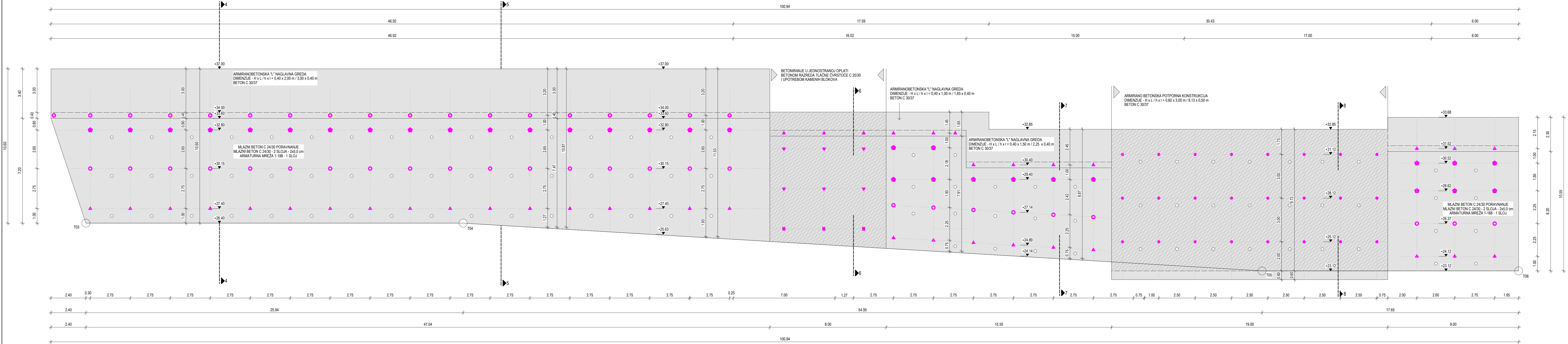
3D POGLED



TUMAČ ZNAKOVA

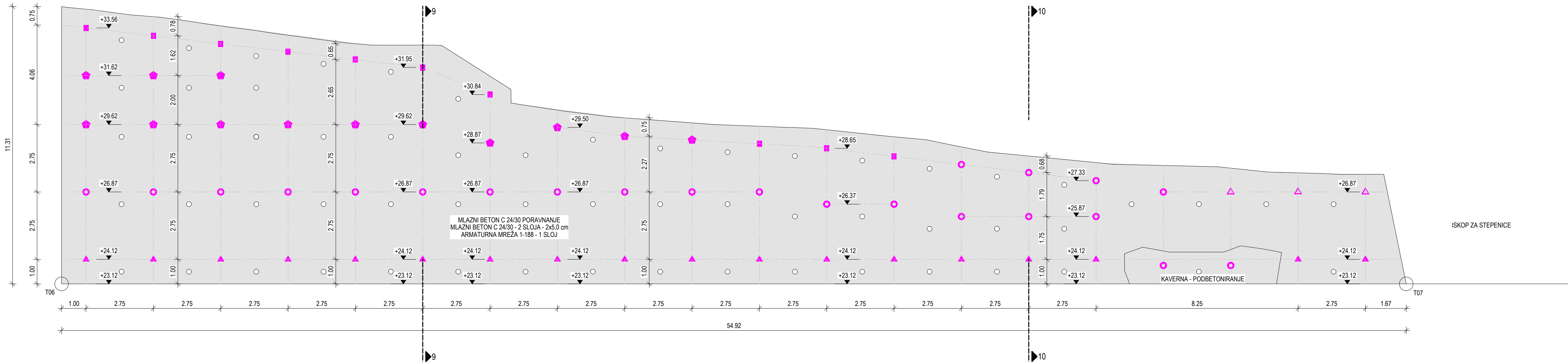
- ▲ ŠTAPNO SIDRO
PROMJER SIDRA $d=32.0\text{ mm}$
MIN. SILA PRI POPUŠTANJU $F_{yk}=405.0\text{ kN}$
DULJINA SIDRA $L=3.0\text{ m}$
- ŠTAPNO SIDRO
PROMJER SIDRA $d=32.0\text{ mm}$
MIN. SILA PRI POPUŠTANJU $F_{yk}=405.0\text{ kN}$
DULJINA SIDRA $L=6.0\text{ m}$
- ◆ ŠTAPNO SIDRO
PROMJER SIDRA $d=32.0\text{ mm}$
MIN. SILA PRI POPUŠTANJU $F_{yk}=405.0\text{ kN}$
DULJINA SIDRA $L=9.0\text{ m}$
- ŠTAPNO SAMOBUŠIVO SIDRO
NOMINALNI VANJSKI PROMJER SIDRA $D=73\text{ mm}$
MINIMALNA SILA PRI POPUŠTANJU $F_{yk}=830\text{ kN}$
MINIMALNA DULJINA SIDRISNE DIONICE UNUTAR STIJENSE MASE $L=6.0\text{ m}$
- PROCJEDNICE, DULJINA $L=2.0\text{ m}$
- ŠTAPNO SAMOBUŠIVO SIDRO
NOMINALNI VANJSKI PROMJER SIDRA $D=30\text{ mm}$
DULJINA SIDRA $L=6.0\text{ m}$
- ▼ ŠTAPNO SAMOBUŠIVO SIDRO
NOMINALNI VANJSKI PROMJER SIDRA $D=30\text{ mm}$
DULJINA SIDRA $L=9.0\text{ m}$

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI	
Diplomski rad: PRIMJENA BIM PRISTUPA - PROJEKT OSIGURANJA GRAĐEVNE JAME TC PLODINE LOVRAN	Sadržaj nacrt: 10.7. RAZVIJENI POGLED NA LICE GRAĐEVNE JAME (T03 - T06)
Studentica: Ivana Blagdan	Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA
Komentor: dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aedif.	Datum: rujan 2019.
	Mjerilo: 1:100
	List: 7.



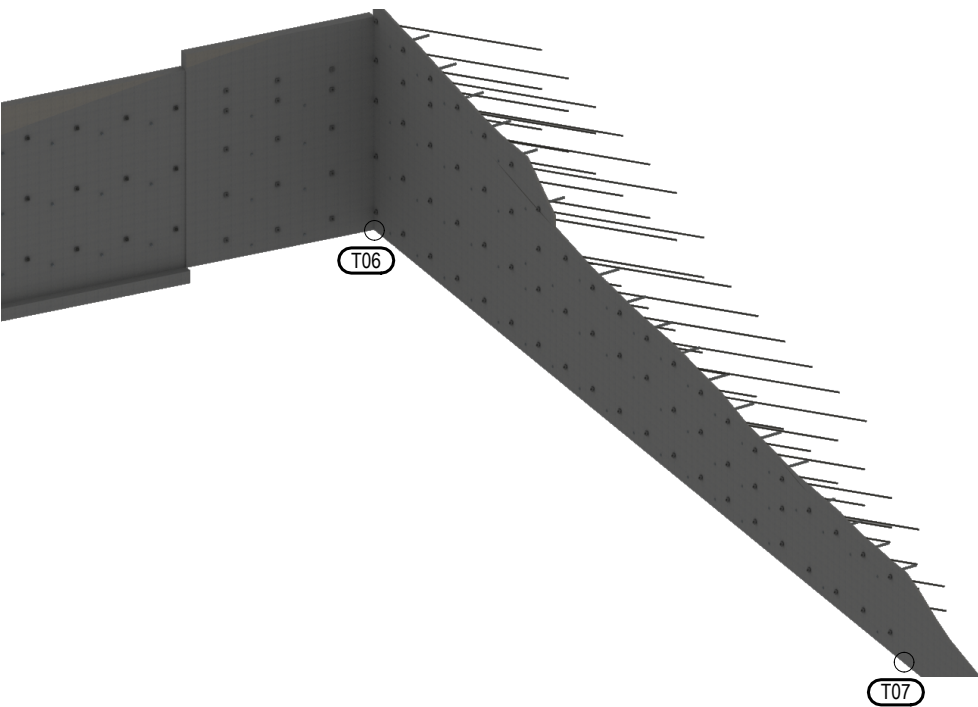
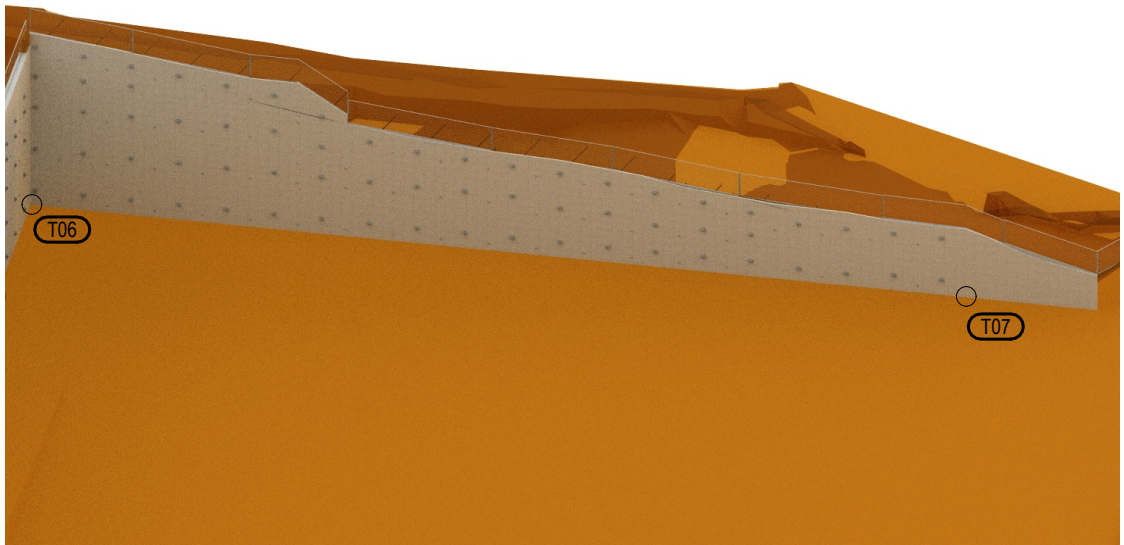
10.8. RAZVIJENI POGLED NA LICE GRAĐEVNE JAME
OD T06 DO T07

3D POGLEDI



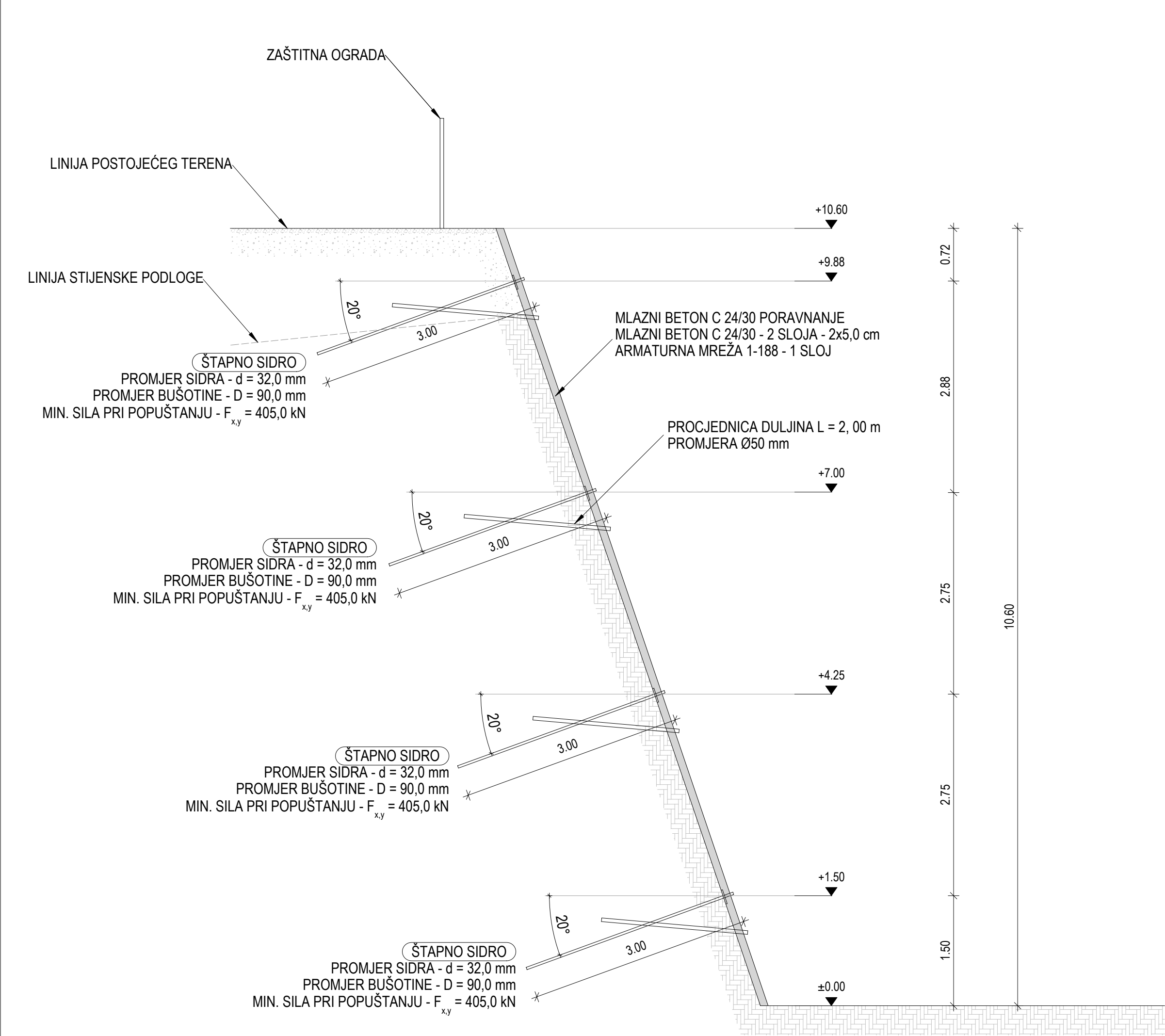
TUMAČ ZNAKOVA

- ŠTAPNO SIDRO
PROMJER SIDRA d=32,0 mm
DULJINA SIDRA L=3,0 m
- ŠTAPNO SIDRO
PROMJER SIDRA d=32,0 mm
DULJINA SIDRA L=6,0 m
- ŠTAPNO SIDRO
PROMJER SIDRA d=32,0 mm
DULJINA SIDRA L=9,0 m
- ŠTAPNO SAMOBUŠIVO SIDRO
NOMINALNI VANJSKI PROMJER SIDRA D=30 mm
DULJINA SIDRA L=9,0 m
- ŠTAPNO SAMOBUŠIVO SIDRO
NOMINALNI VANJSKI PROMJER SIDRA D=30 mm
DULJINA SIDRA L=6,0 m
- PROCJEDNICE, DULJINA L=2,0 m



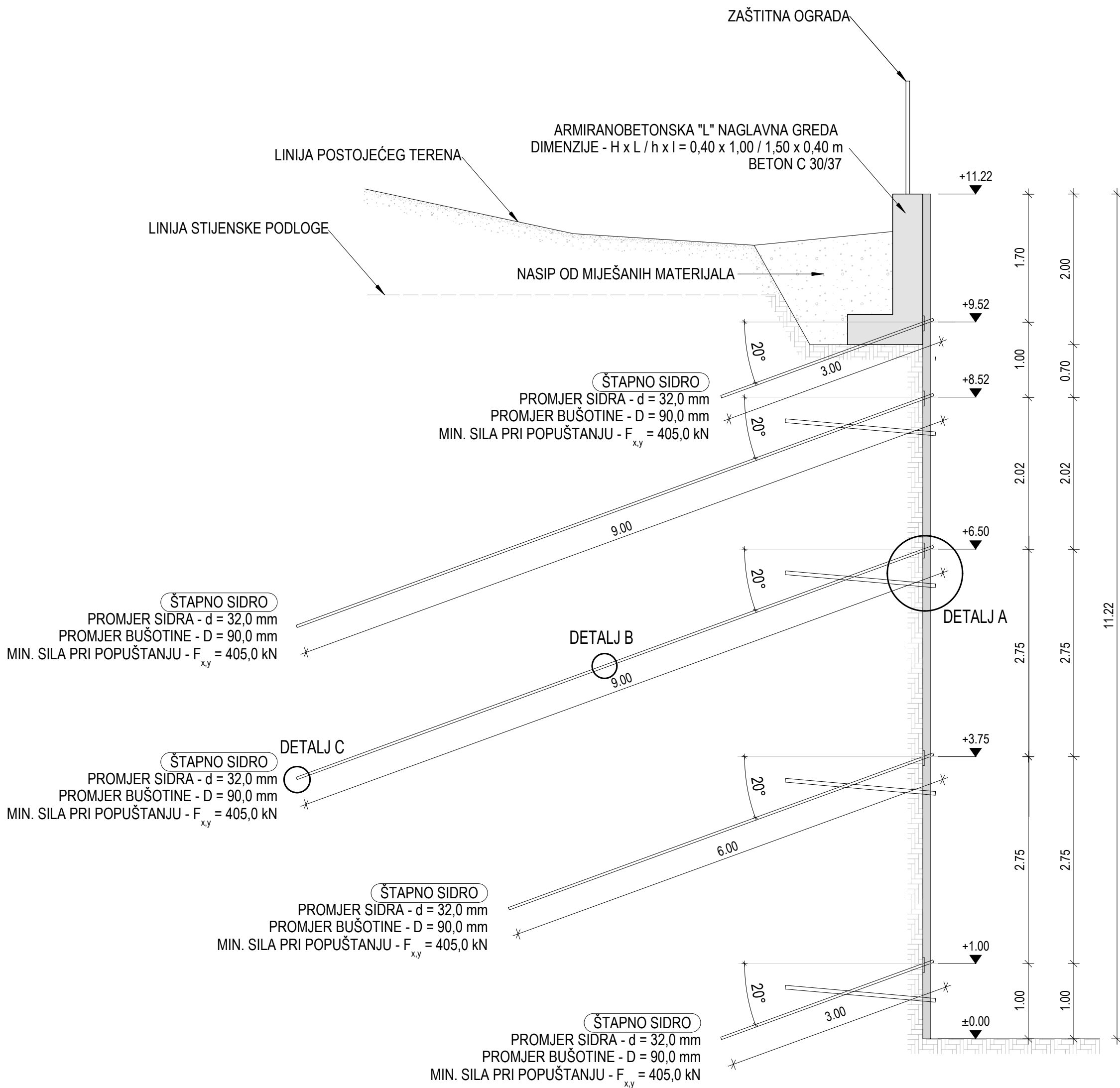
NORMALNI POPREČNI PRESJEK ISKOPA U NAGIBU 3V:1H

MJ 1:50

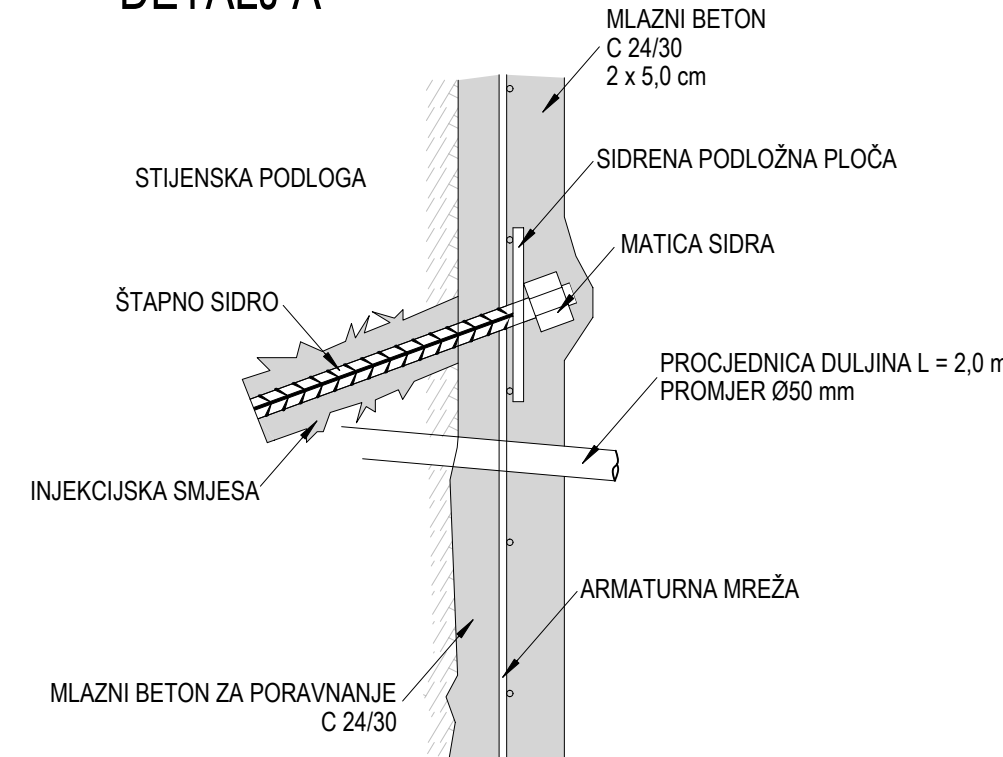


NORMALNI POPREČNI VERTIKALNOG ISKOPA

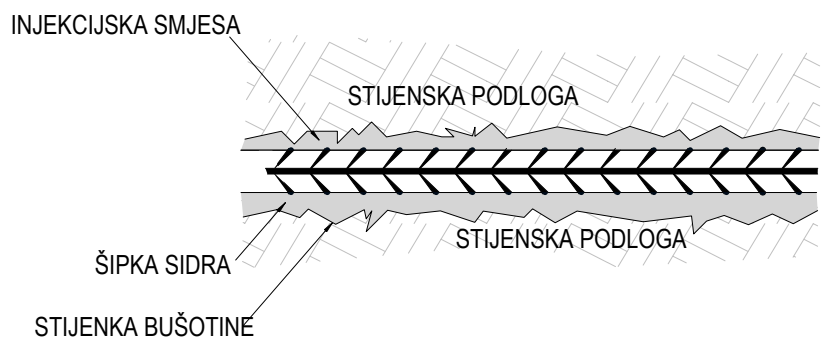
MJ 1:50



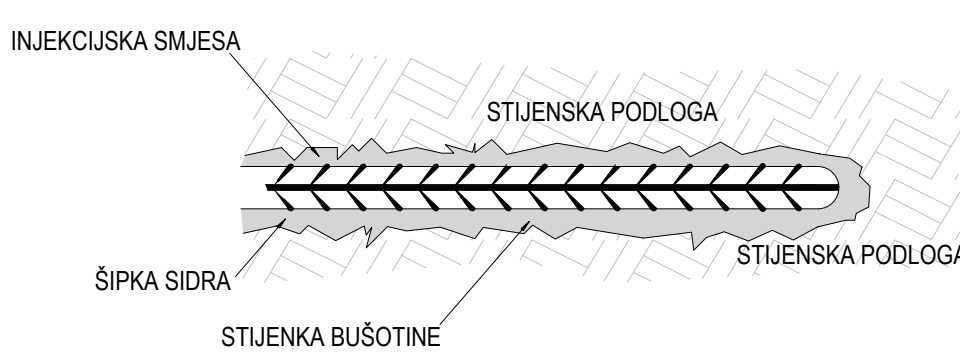
DETALJ A



DETALJ B



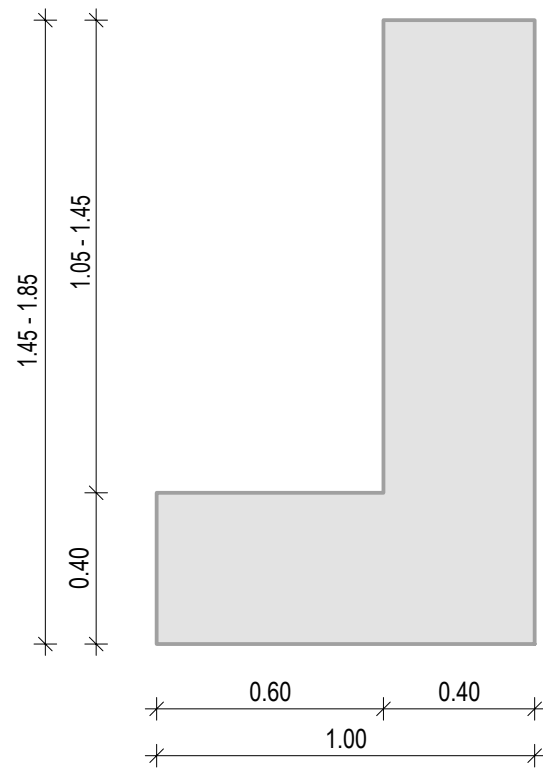
DETALJ C



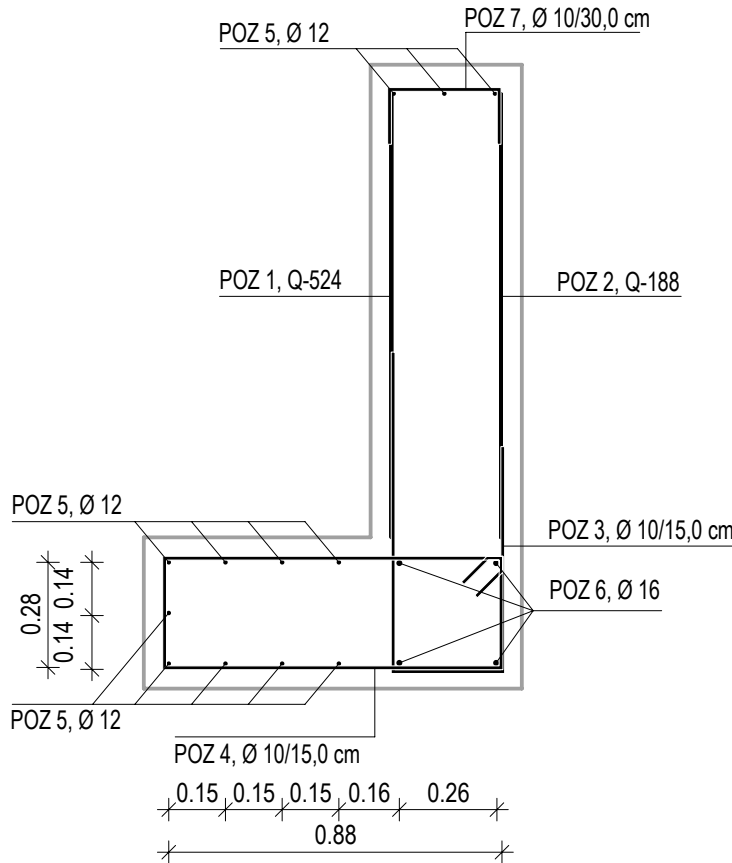
10.9. NORMALNI POPREČNI PRESJECI

NAGLAVNA GREDA TIP 1, VISINE H = 1,45 - 1,85 m

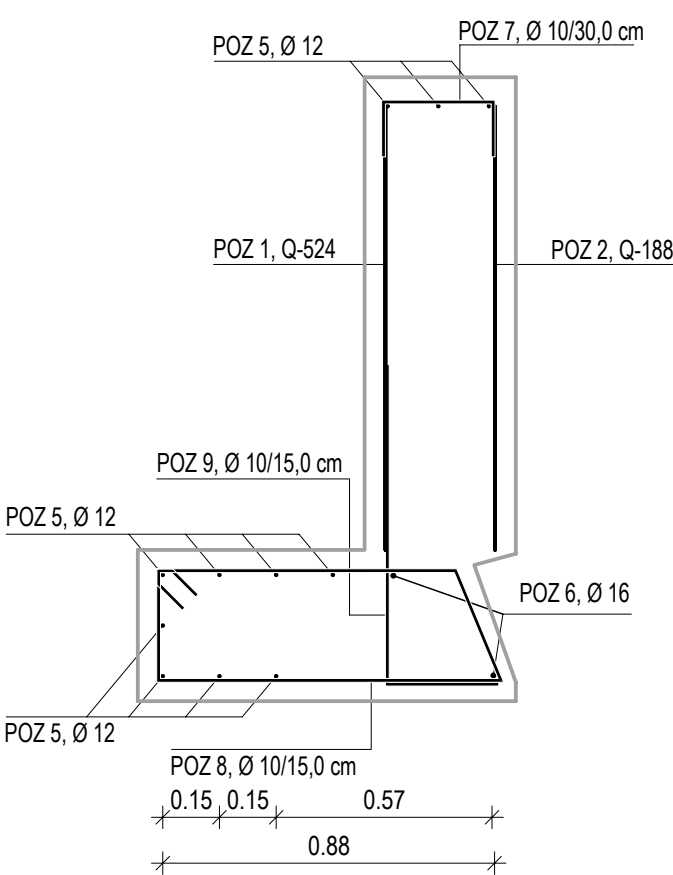
PLAN OPLATE



NACRT ARMATURE NAGLAVNE GREDE



NACRT ARMATURE NAGLAVNE GREDE
NA POZICIJI SIDARA



NAPOMENA:
ISKAZ ARMATURE DAN JE ZA NAGLAVNU GREDU DUŽINE 5,50 m

SPECIFIKACIJA ARMATURNIH MREŽA

POZICIJA	VRSTA MREŽE	VISINA ZIDA (m)	DIMENZIJE (m)	POVRŠINA (m²)	kg/m²	UKUPNO (kg)
1	ARMATURNNA MREŽA Q-524	1,45	6,0 x 1,0	6,0	8,40	50,40
		1,65	6,0 x 1,20	7,20		60,48
		1,85	6,0 x 1,40	8,40		70,56
2	ARMATURNNA MREŽA Q-188	1,45	6,0 x 1,0	6,0	3,06	18,36
		1,65	6,0 x 1,20	7,20		22,03
		1,85	6,0 x 1,40	8,40		25,70

UKUPNO 1,45 m - 68,76 kg
UKUPNO 1,65 m - 82,51 kg
UKUPNO 1,85 m - 96,26 kg

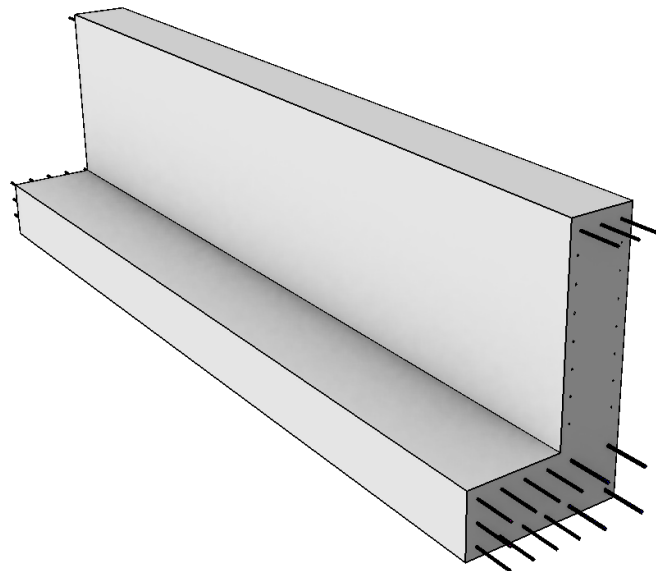
NAPOMENA:
ISKAZ ARMATURE DAN JE ZA NAGLAVNU GREDU DUŽINE 5,50 m

SPECIFIKACIJA ARMATURNIH ŠIPKI

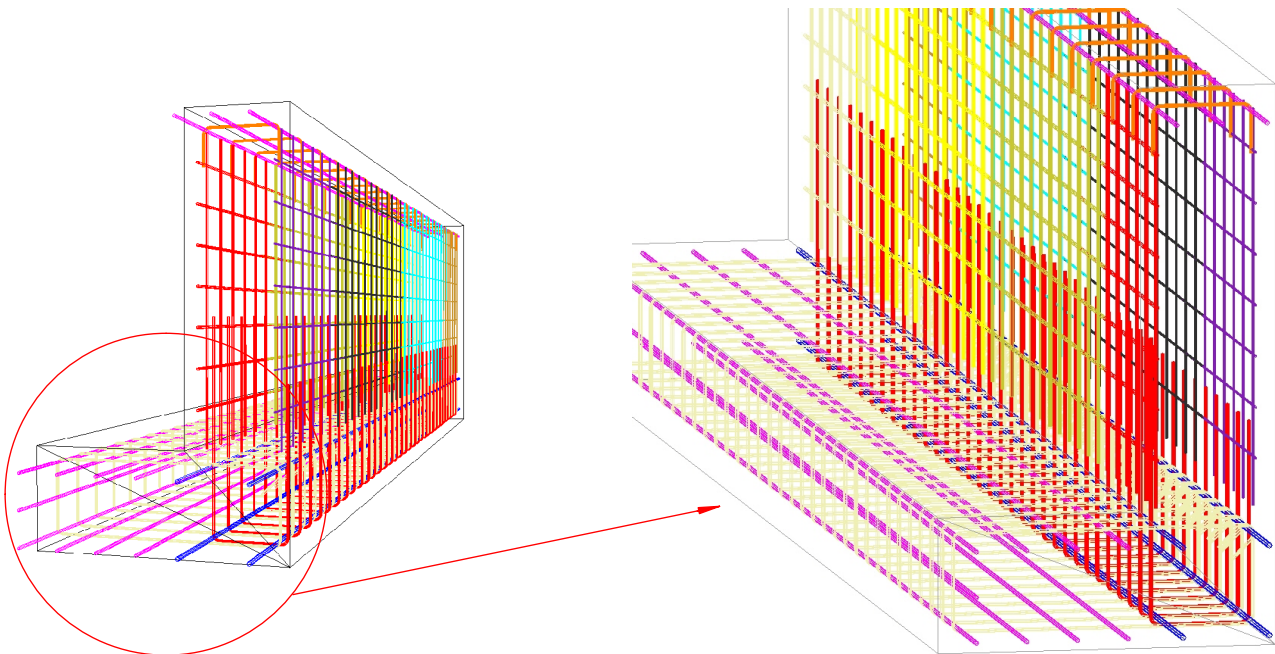
POZ	KOM	ø [mm]	JEDINIČNA DUŽINA [m]	MJERE SAVIJANJA	UKUPNA DUŽINA [m]	TEŽINA [kg]
3	33	10	1.75		57.75	35.63
4	33	10	2.64		87.12	53.75
5	12	12	6.00		72.00	63.94
6	4	16	6.00		24.00	37.92
7	18	10	0.60		11.00	6.66
8	4	10	2.56		10.20	6.29
9	4	10	1.15		4.60	2.84

Ukupna težina [kg] : 207.03

3D PRIKAZ NAGLAVNE GREDE



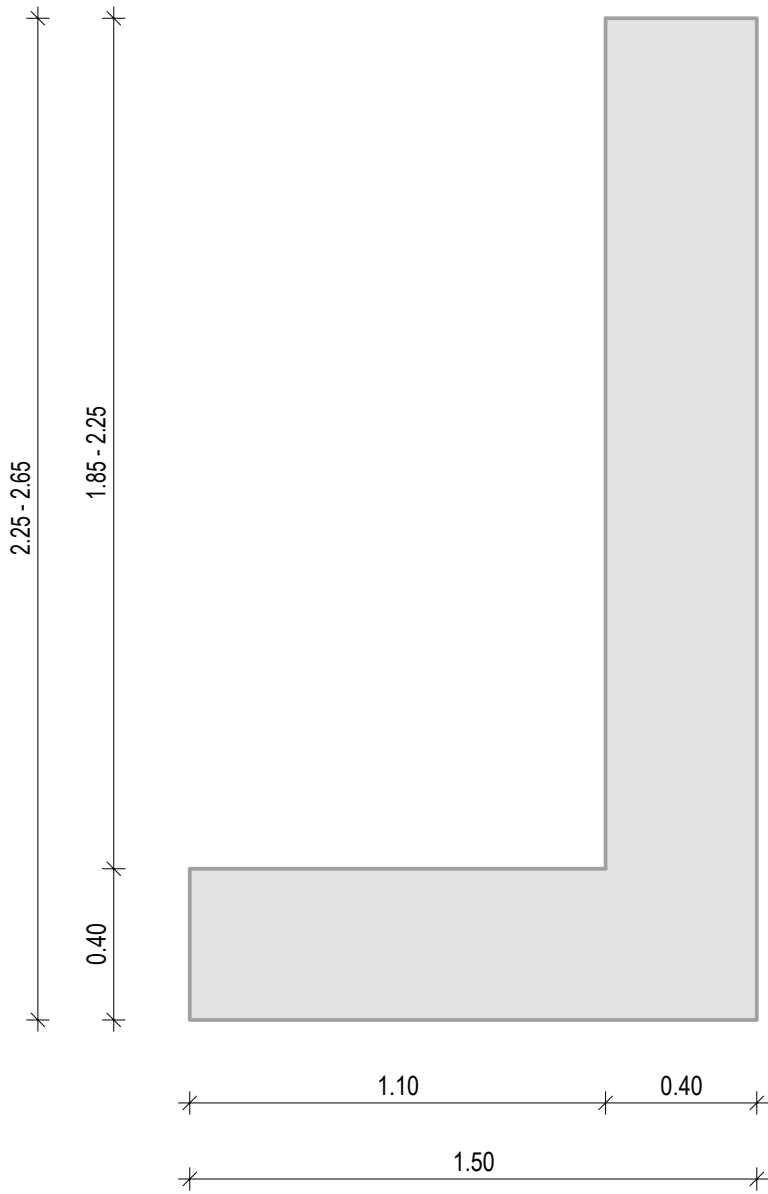
3D PRIKAZ ARMATURE



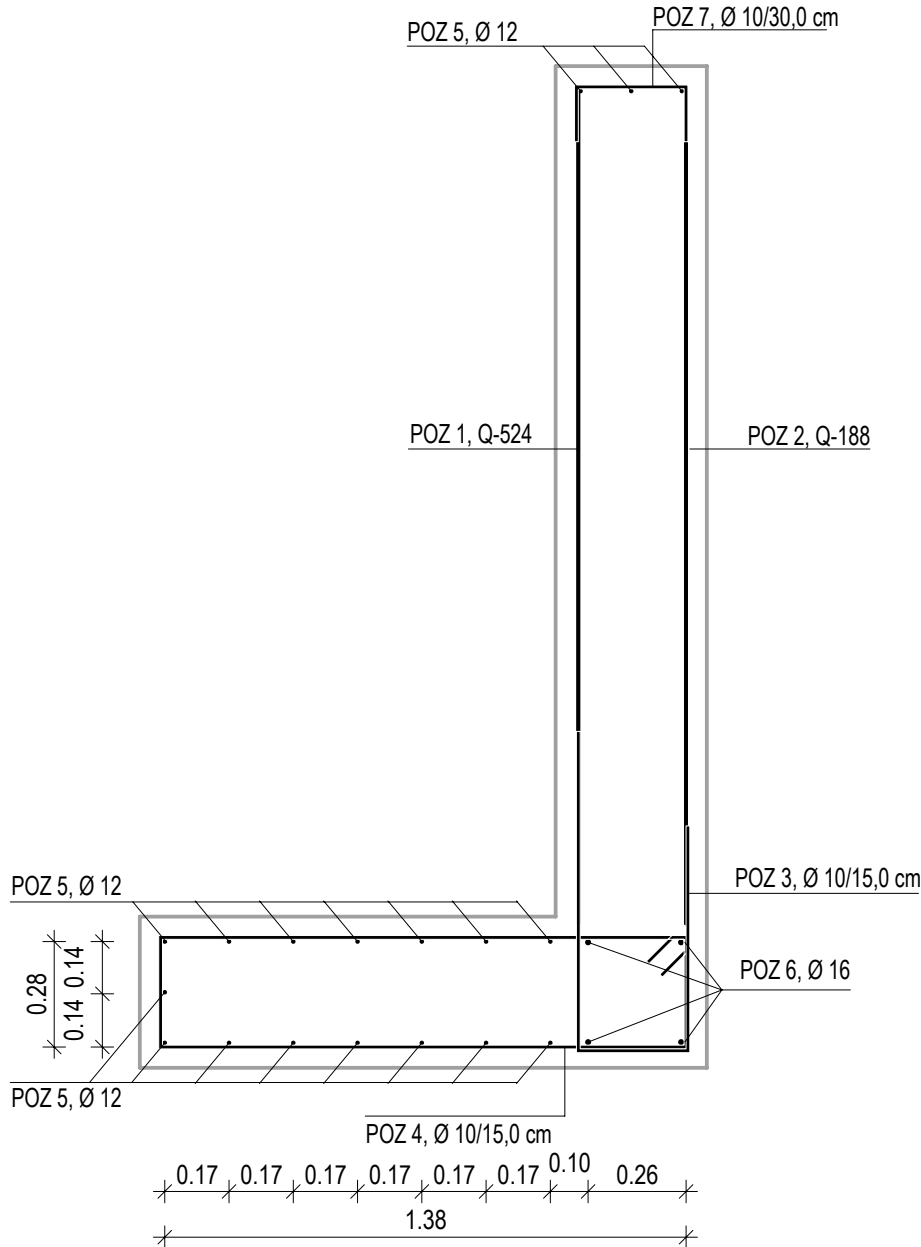
10.10. NACRT I ISKAZ ARMATURE
- TIP 1 NAGLAVNA GREDA

NAGLAVNA GREDA TIP 2, VISINE H = 2,25 - 2,65 m

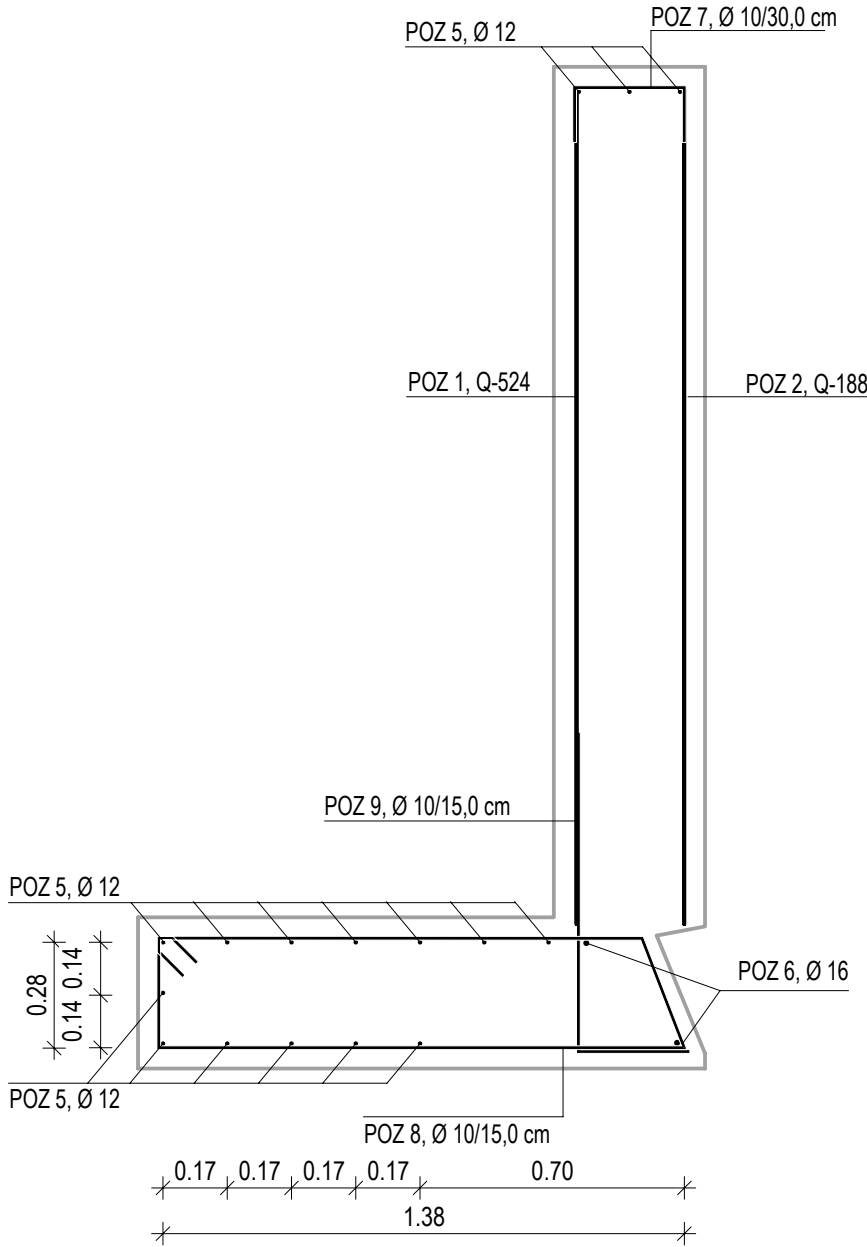
PLAN OPLATE



NACRT ARMATURE NAGLAVNE GREDE



NACRT ARMATURE NAGLAVNE GREDE
NA POZICIJI SIDARA



NAPOMENA:
ISKAZ ARMATURE DAN JE ZA NAGLAVNU GREDU DUŽINE 5,50 m

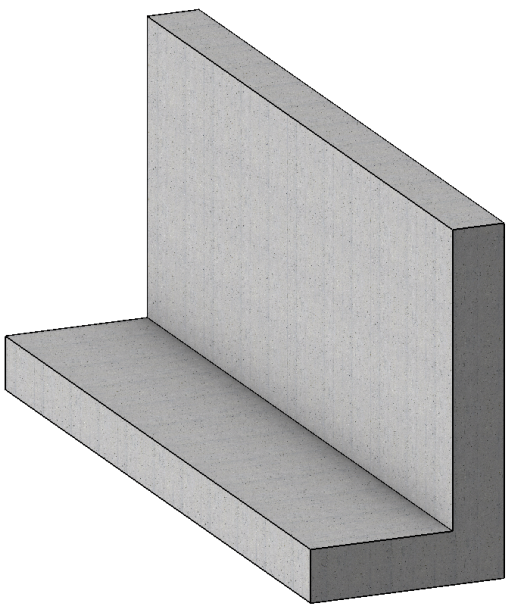
SPECIFIKACIJA ARMATURNIH ŠIPKI

POZ	KOM	ø [mm]	JEDINIČNA DUŽINA [m]	MJERE SAVIJANJA	UKUPNA DUŽINA [m]	TEŽINA [kg]
3	33	10	1.75		57.75	36.61
4	33	10	3.64		120.12	76.16
5	18	12	6.00		108.00	98.38
6	4	16	6.00		24.00	38.90
7	18	10	0.60		11.00	6.97
8	4	10	3.55		14.20	9.00
9	4	10	1.15		4.60	2.92

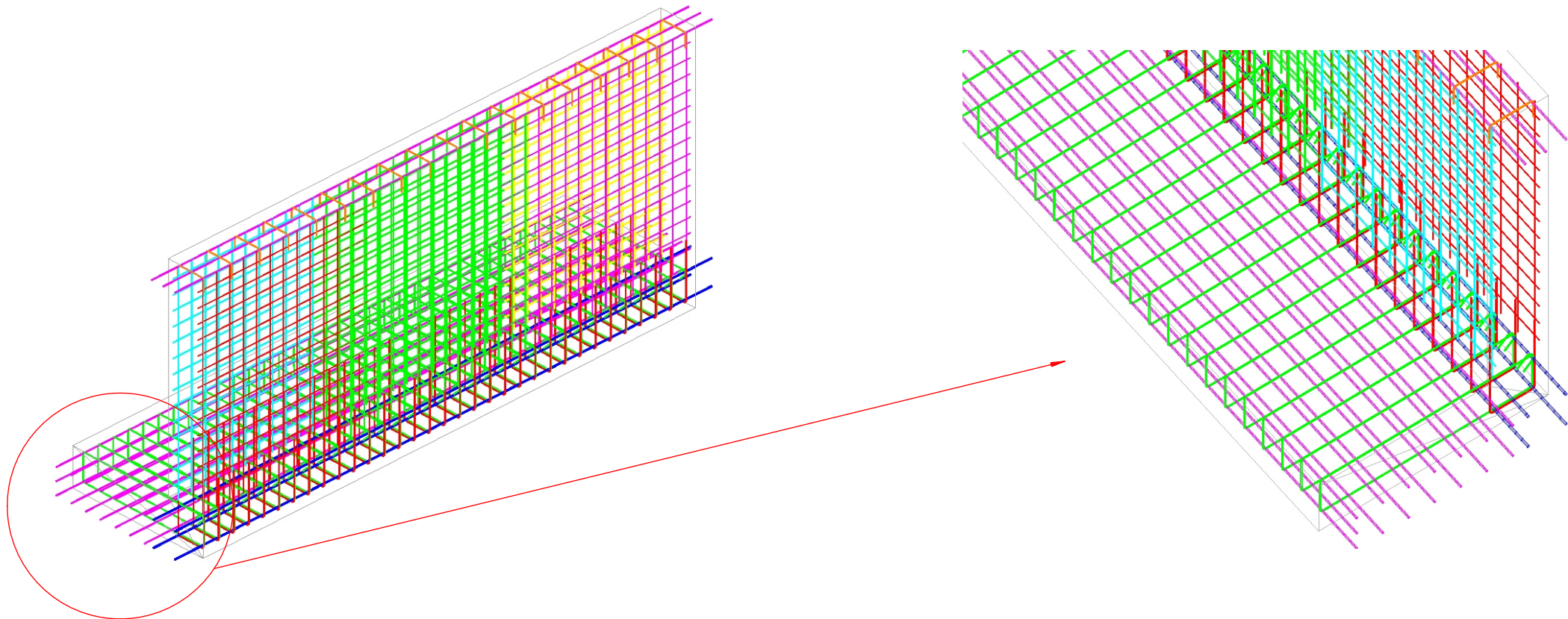
Ukupna težina [kg] : 268.94

10.11. NACRT I ISKAZ ARMATURE
- TIP 2 NAGLAVNA GREDA

3D PRIKAZ NAGLAVNE GREDE



3D PRIKAZ ARMATURE



NAPOMENA:
ISKAZ ARMATURE DAN JE ZA NAGLAVNU GREDU DUŽINE 5,50 m

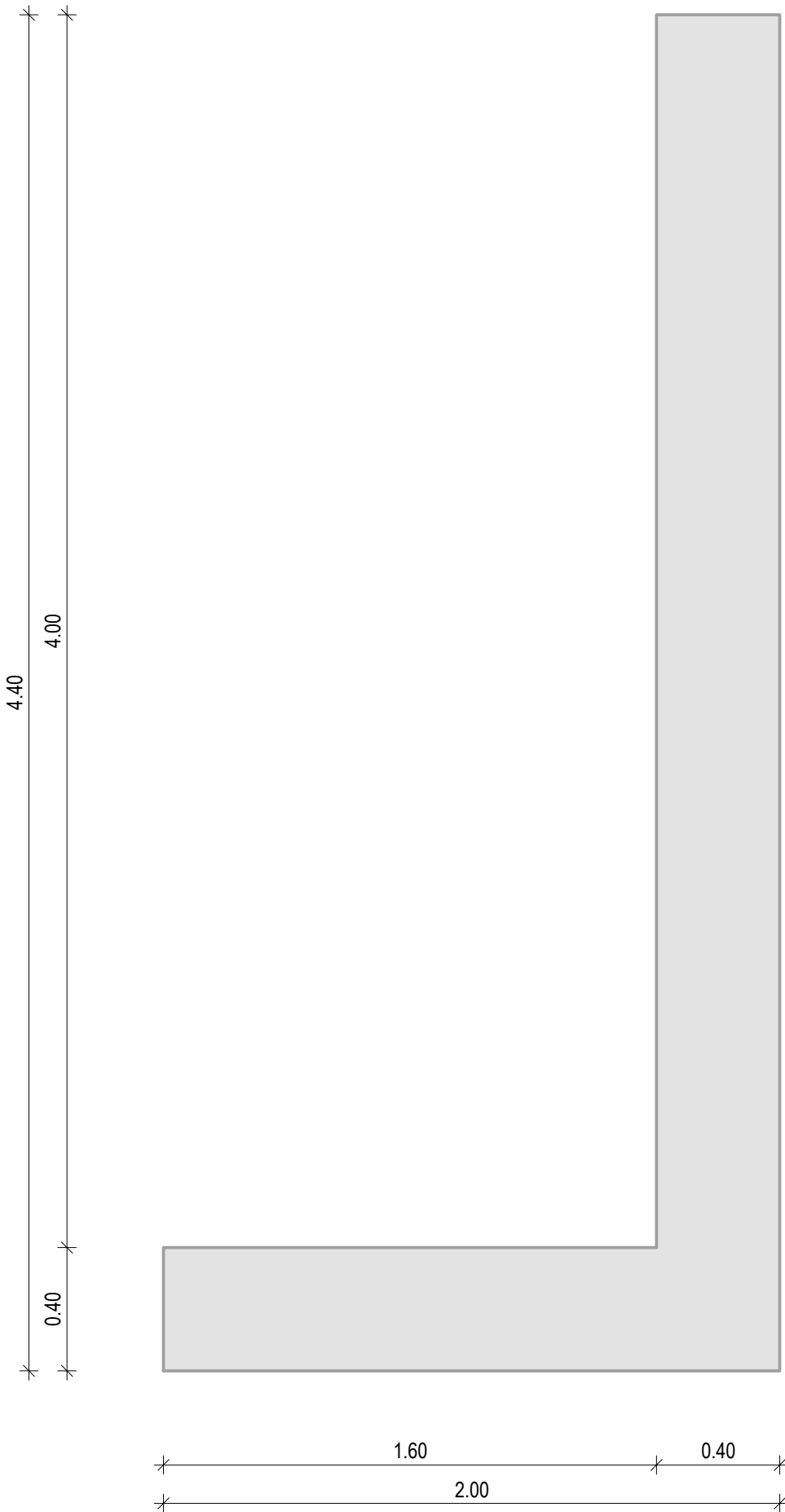
SPECIFIKACIJA ARMATURNIH MREŽA

POZICIJA	VRSTA MREŽE	VISINA ZIDA (m)	DIMENZIJE (m)	POVRŠINA (m²)	kg/m²	UKUPNO (kg)
1	ARMATURNNA MREŽA Q-524	2,25	6,0 x 1,80	10,80	8,40	90,72
		2,35	6,0 x 1,90	11,40		95,76
		2,65	6,0 x 2,20	13,20		110,88
2	ARMATURNNA MREŽA Q-188	2,25	6,0 x 1,80	10,80	3,06	33,05
		2,35	6,0 x 1,90	11,40		34,88
		2,65	6,0 x 2,20	13,20		40,39

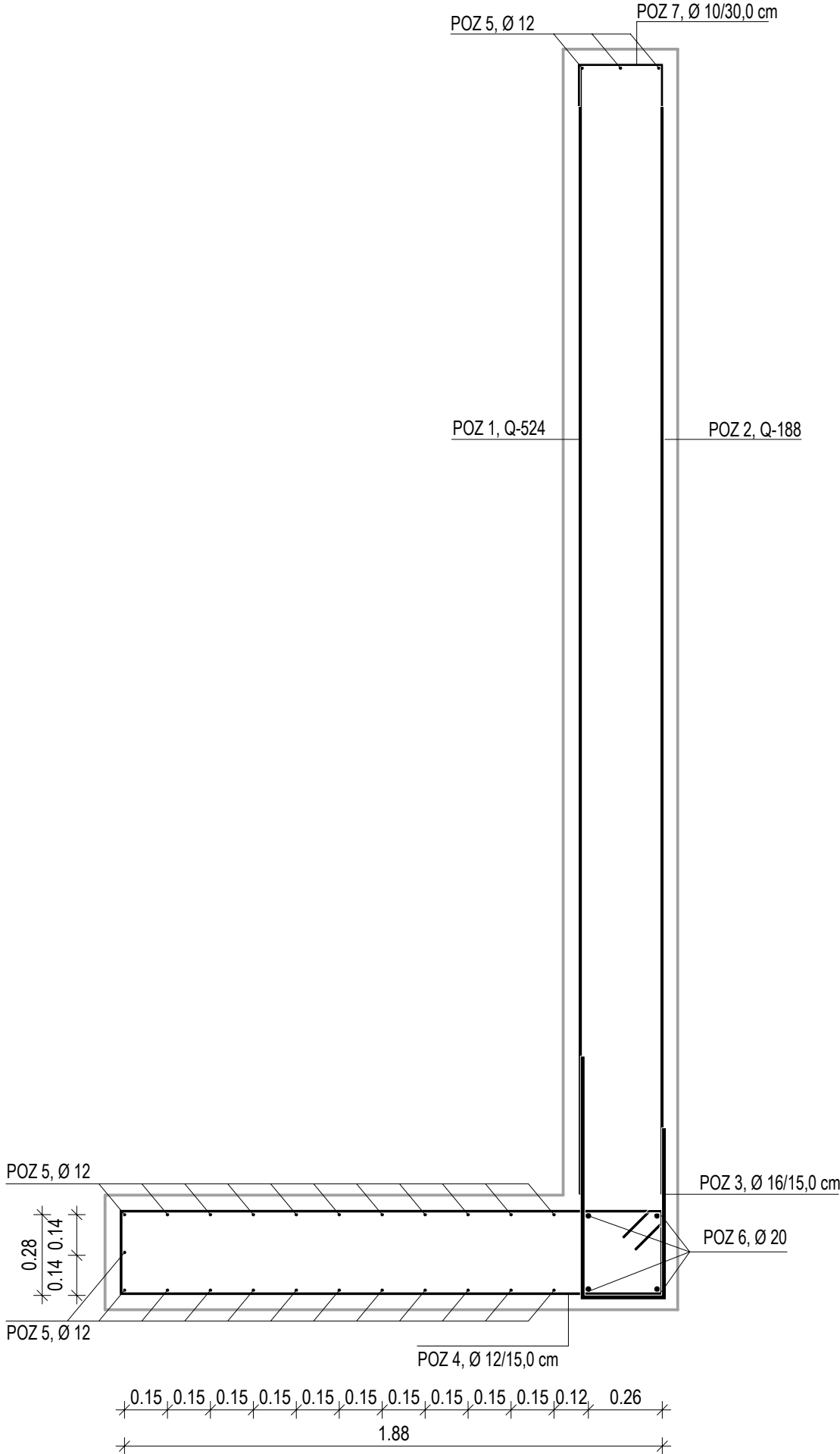
UKUPNO 2,25 m - 123,77 kg
UKUPNO 2,35 m - 130,64 kg
UKUPNO 2,65 m - 151,27 kg

NAGLAVNA GREDA TIP 3, VISINE H = 4,00 - 4,40 m

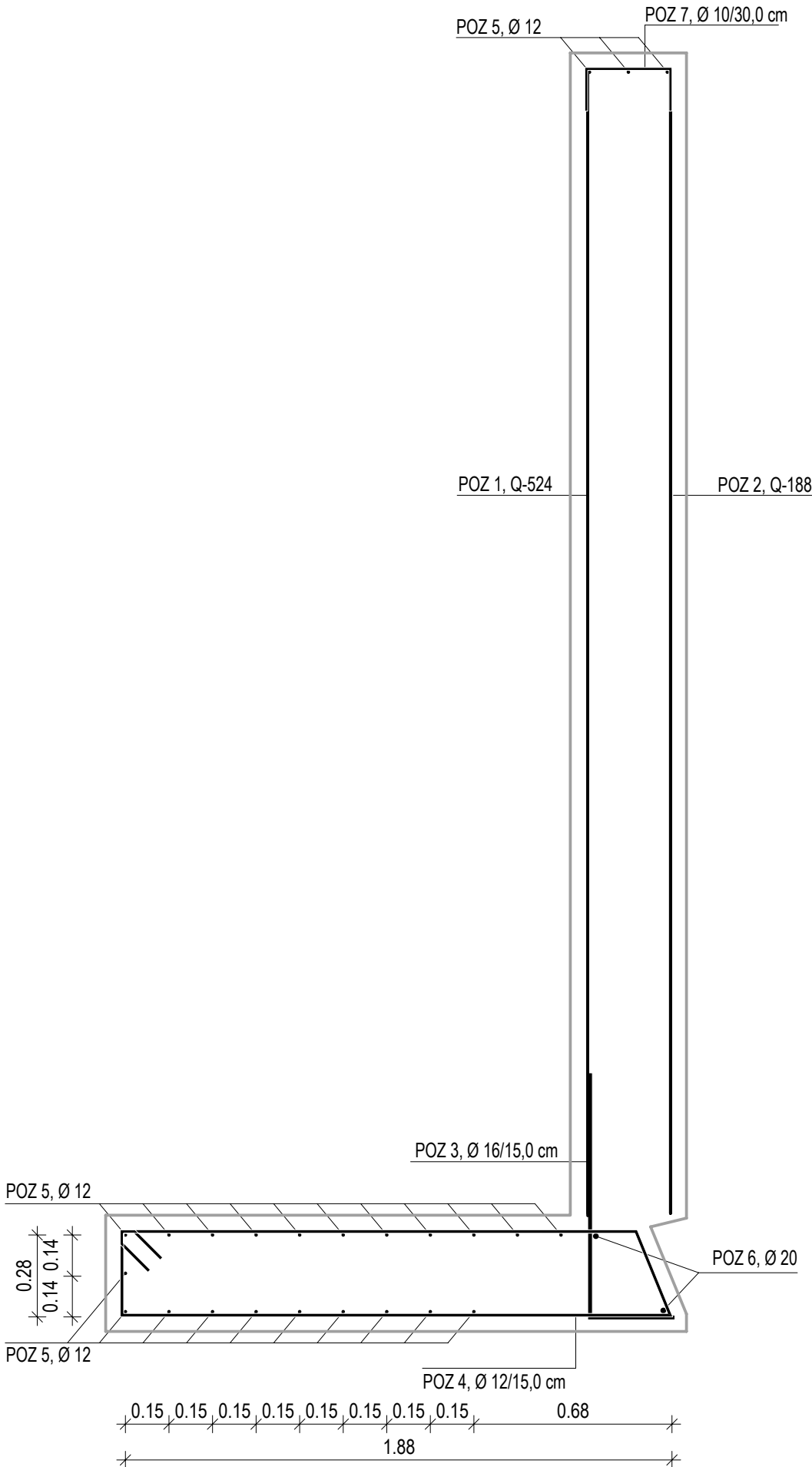
PLAN OPLATE



NACRT ARMATURE NAGLAVNE GREDE



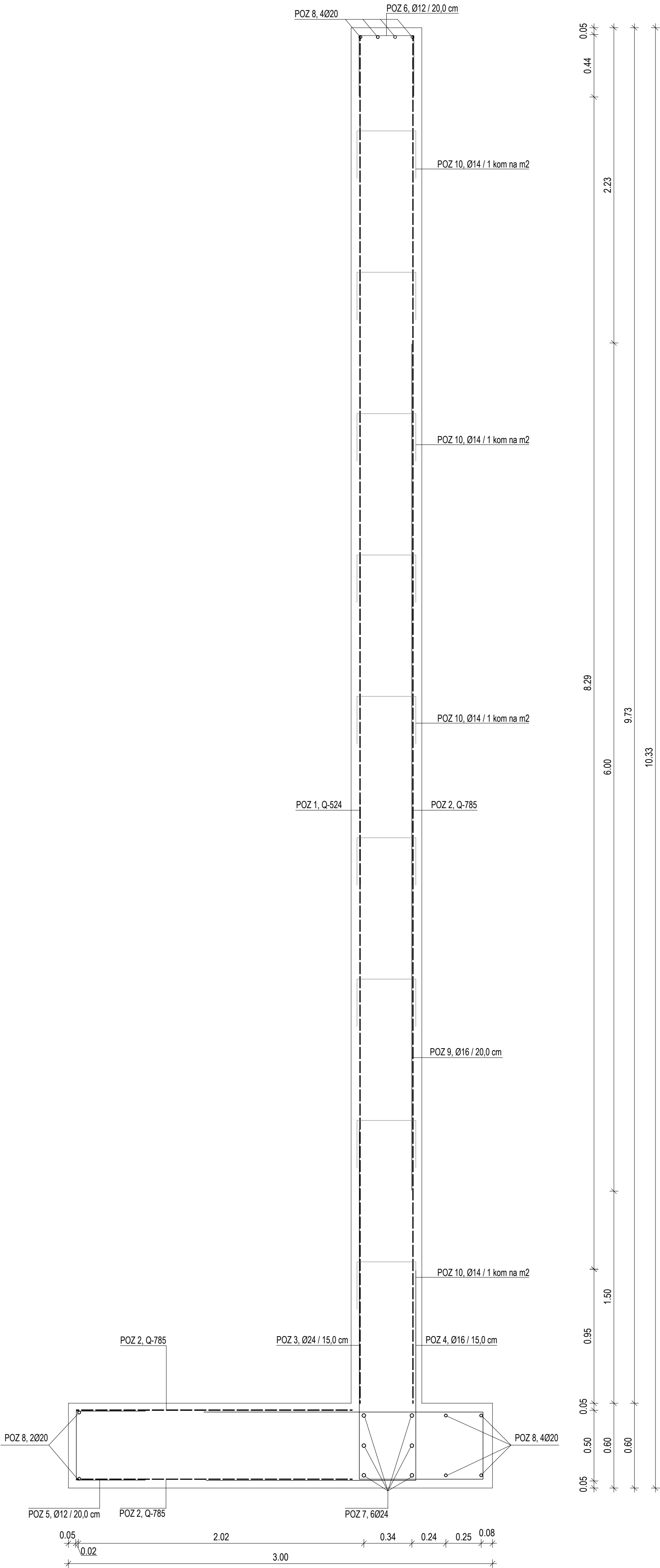
NACRT ARMATURE NAGLAVNE GREDE
NA POZICIJI SIDARA



10.12. NACRT I ISKAZ ARMATURE
- TIP 3 NAGLAVNA GREDA

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI			
Diplomski rad: PRIMJENA BIM PRISTUPA - PROJEKT OSIGURANJA GRAĐEVNE JAME TC PLODINE, LOVRAN		Sadržaj nacrt: 10.12. NACRT I ISKAZ ARMATURE - TIP 3 NAGLAVNA GREDA	
Studentica: Ivana Blagdan		Kolegij: GEOTEHNIKA PROMETNIH GRAĐEVINA	
Komentor: dr.sc. Mirko Grošić, mag.ing.aedif.	Datum: rujan 2019.	Mjenilo: 1:20	List: 12.

10.13. NACRT I ISKAZ ARMATURE
POTPORNE KONSTRUKCIJE



SPECIFIKACIJA ARMATURNIH MREŽA

POZICIJA	VRSTA MREŽE	POLOŽAJ	DIMENZUJE (m)	POVRŠINA (m²)	KOLIČINA	kg/m²	UKUPNO (kg)
1	ARMATURNNA MREŽA Q-524	ZID	6,0 x 2,20	13,20	11	8,40	1219,68
			4,27 x 2,20	9,39	11		867,63
			6,0 x 1,30	7,80	1		65,52
			4,27 x 1,30	5,55	1		46,62
2	ARMATURNNA MREŽA Q-785	ZID	6,0 x 2,20	13,20	11	12,46	1809,19
			4,27 x 2,20	9,39	11		1286,99
			6,0 x 1,30	7,80	1		97,18
			4,27 x 1,30	5,55	1		69,15
		TEMELJ	6,00 x 2,00	12,00	7	1046,64	
UKUPNO: 6508,60 kg							

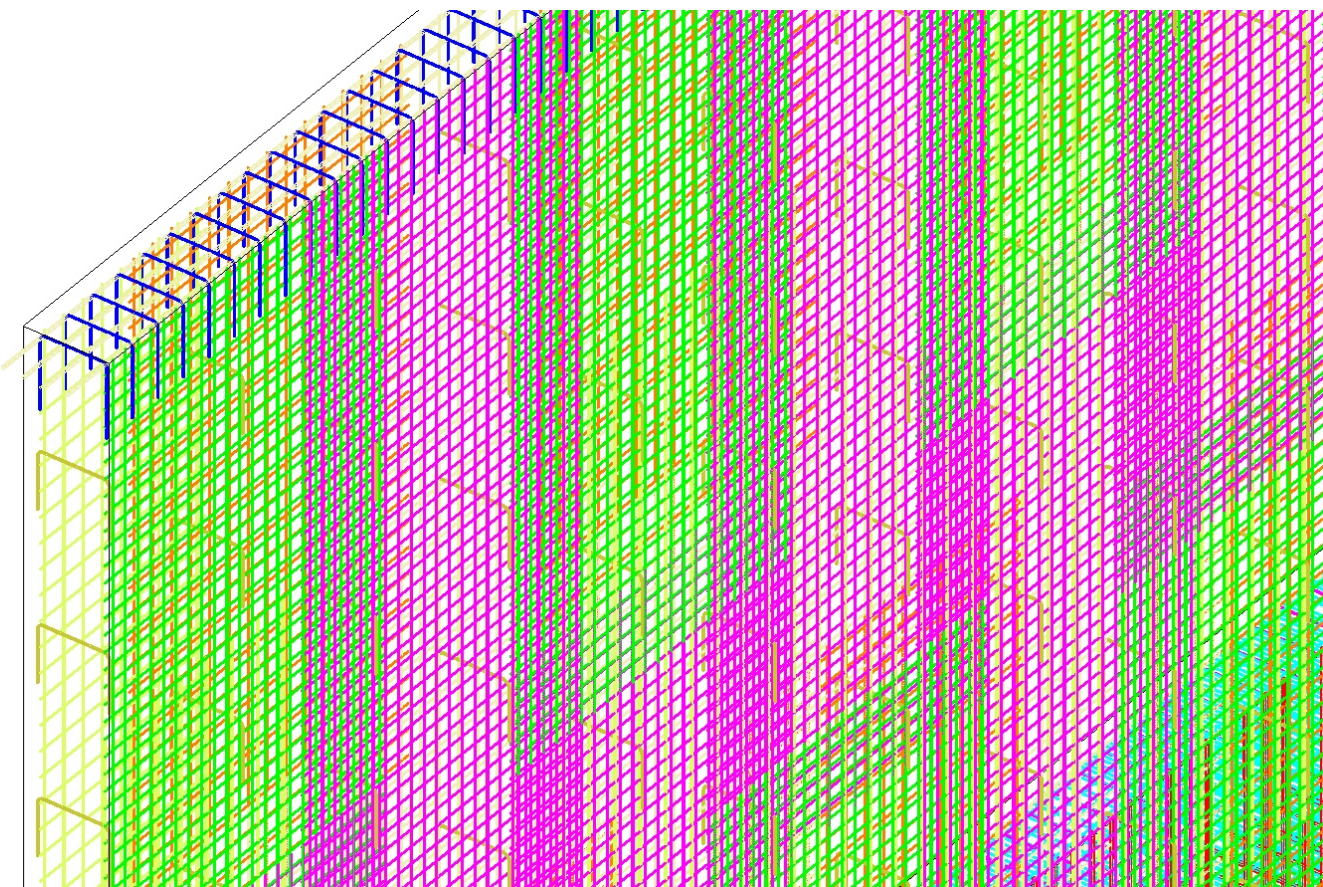
NAPOMENA:
PREKLOP ARMATURNIH MREŽA IZNOSI MINILANO 3 OKA MREŽE - 60 cm
PREKLOP ARMATURNIH ŠIPKI IZNOSI MINIMALNO 55,0 cm

SPECIFIKACIJA ARMATURNIH ŠIPKI

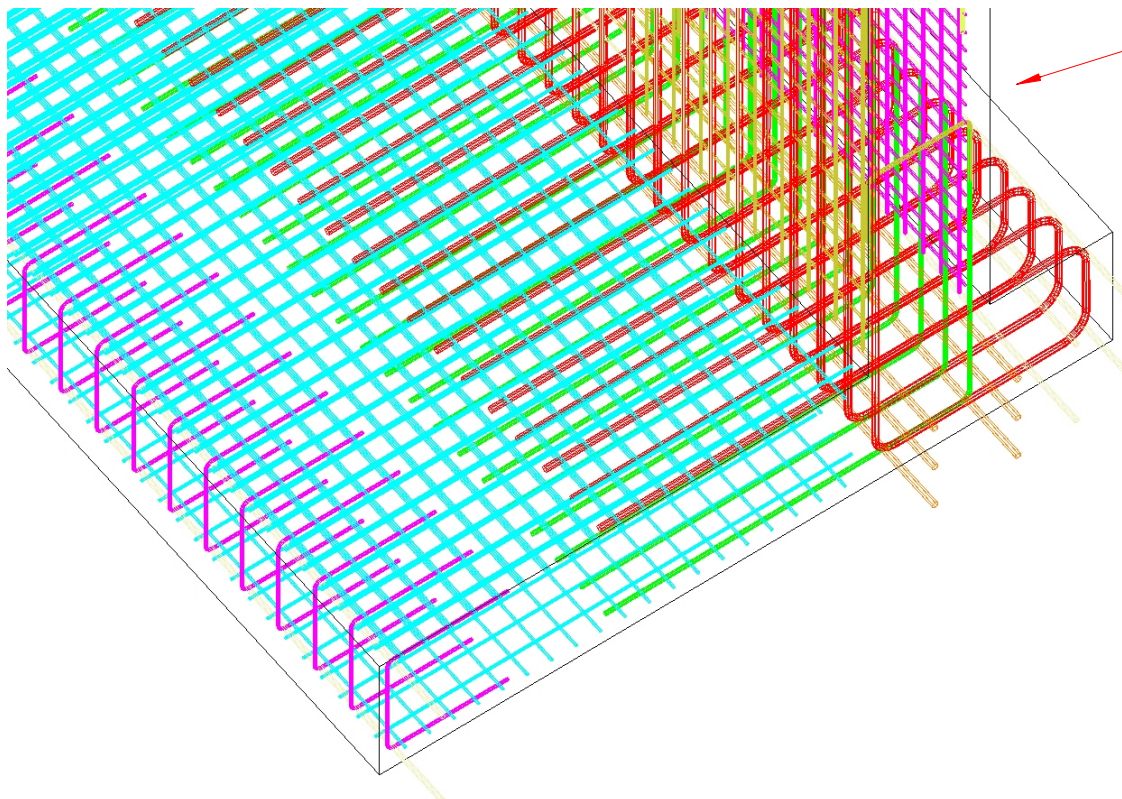
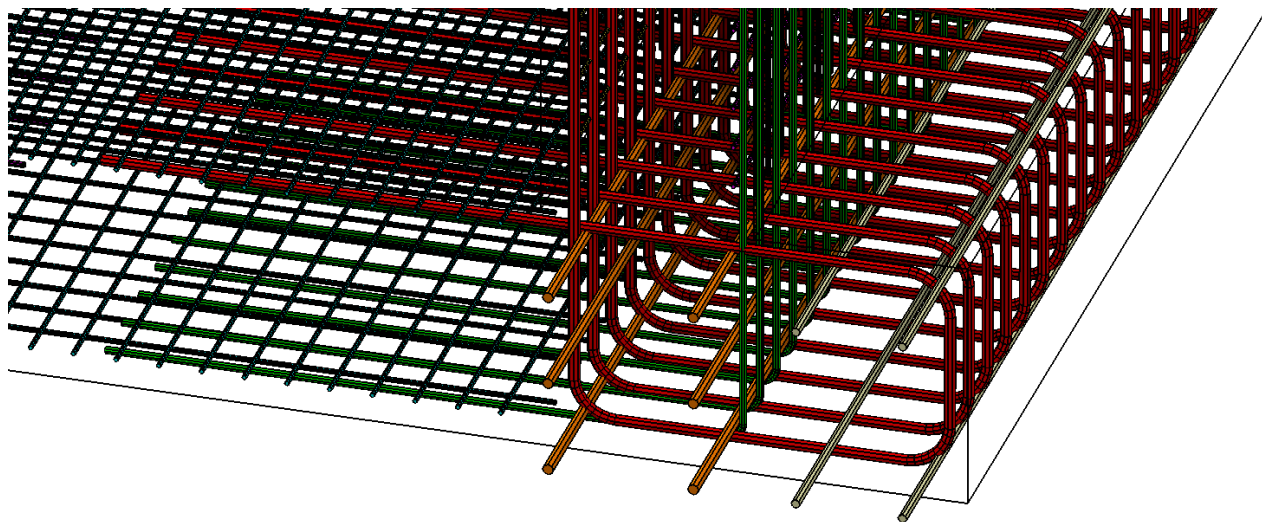
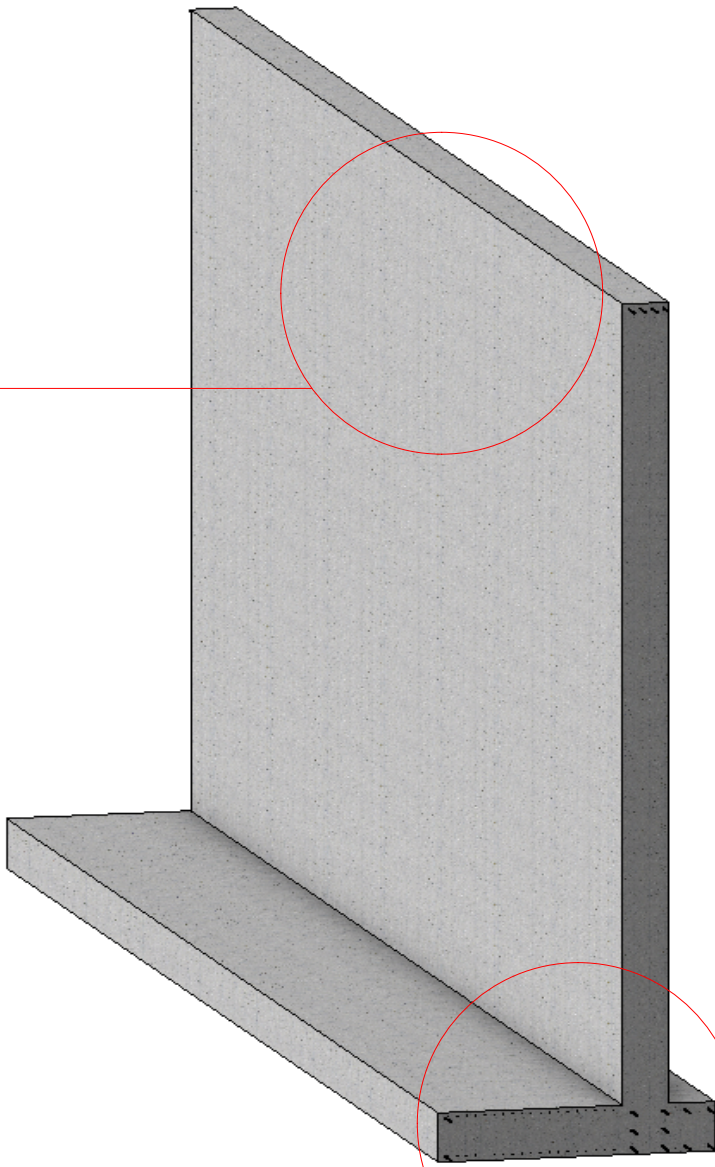
POZ	KOM	Ø	JEDINIČNA DUŽINA	MJERE SAVIJANJA	UKUPNA DUŽINA	TEŽINA
		[mm]	[m]		[m]	[kg]
3	126	24	5.90		743.40	2714.89
4	126	16	3.00		378.00	612.73
5	95	12	1.50		142.50	129.81
6	95	12	2.00		190.00	173.09
7	21	24	6.00		126.00	460.15
8	35	20	6.00		130.00	531.42
9	95	16	6.00		570.00	921.13
10	185	14	1.17		216.45	268.83

UKUPNO: 5812,05 kg

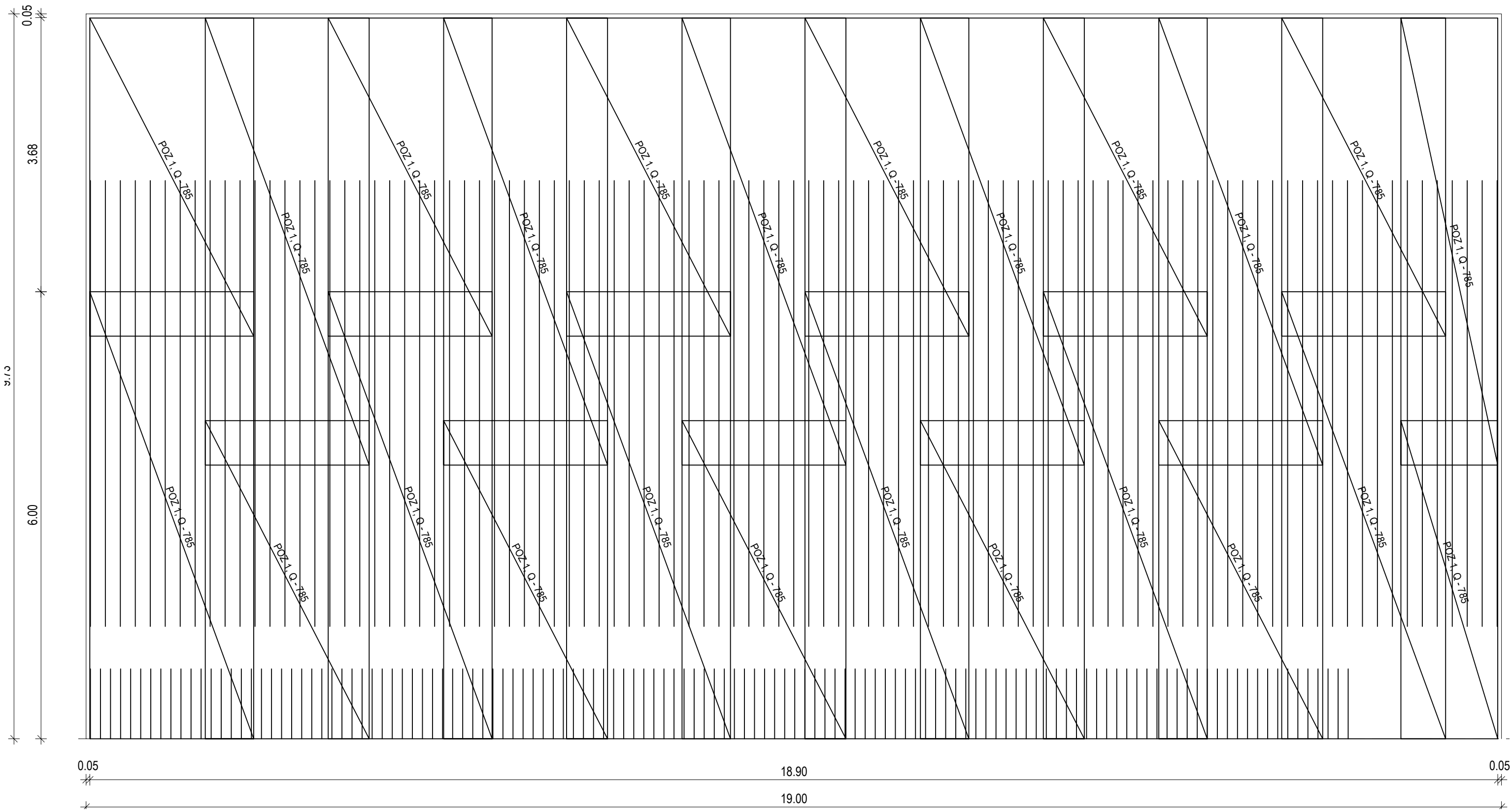
3D PRIKAZ ARMATURE



3D PRIKAZ POTPORNE KONSTRUKCIJE



NACRT ARMATURE - PREDNJE LICE POTPORNE KONSTRUKCIJE



10.14. NACRT ARMATURE - PREDNJE I STRAŽNJE LICE
POTPORNE KONSTRUKCIJE

NACRT ARMATURE - STRAŽNJE LICE POTPORNE KONSTRUKCIJE

